

فصلنامه بوم فناوری

شماره ۱ / بهار ۱۴۰۴ / غیر قابل فروش

سال اول | شماره اول | بهار ۱۴۰۴



سخن سردبیر	4	
نگاهی به نشریه	6	
مدیران انجمن از سال ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۲	8	

میز فناوری‌های نرم

- مقاله: هم‌بنیان‌گذار مناسب، نیمی از مسیر موفقیت استارت‌آپ
- مصاحبه: ثبت اختراع، ابزاری راهبردی برای حفاظت
- تحلیل کاربردی قراردادهای منع افشای اطلاعات (NDA): از مطالعه موردی تا دیدگاه حقوق
- مقاله: معرفی کتاب توسعه شایستگی مدیران



8

میزآب، محیط زیست و انرژی

- مقاله: سیر تحول سیاستگذاری عمومی کشور در زمینه ارتقای انرژی‌های تجدیدپذیر
- مقاله: شیرین‌سازی آب به روش تقطیر غشایی: چالش‌ها و آینده پیشرو
- مقاله: انرژی، محیط زیست و راهکارهای تامین پایدار انرژی



24

میز مواد پیشرفته و ساخت

- مقاله: مهندسی سطوح پیشرفته با استفاده از پوشش کامپوزیتی طلا-نانوالماس در صنایع دقیق
- مقاله: بازسازی و پوشش دهی سطوح بال ولوهای ۳۲ اینچ با استفاده فرایند الکترولس نیکل-
- مقاله: جوشکاری لیزر فلزات غیر همجنس



40

میز سلامت (زیست فناوری)

- مقاله: تولید نانوحامل‌ها با هدف افزایش کارایی دارویی داروها و واکنش‌های پیشرفته
- مقاله: بررسی مواد ضد میکروبی طبیعی در بسته بندی های فعال زیست تخریب پذیر و اثرات آن در ایمنی مواد غذایی
- مقاله: مسیر توسعه فناوری های همگرا در ایران

میز ساختمان

مصاحبه: نوآوری ایرانی در قلب اروپا: طرح برگزیده دانشگاه

میز نفت، گاز و پتروشیمی

مقاله: کاربرد مدیریت بر مبنای ریسک در تجهیزات زیرسطحی سکوها ی نفتی فراساحلی

صاحب امتیاز: انجمن شرکت‌های دانش‌بنیان و فناور استان اصفهان

مدیرمسئول: مهندس فرید نجات‌بخش

سردبیر: دکتر سیدمهدی ابطحی

هیات تحریریه:

حمیدرضا توکلی

فرید نجات‌بخش

بهزاد صادقیان

سبحان طائریان

جواد منشی

فهیمة موسوی

لیلا یزدانی

راضیه مسایلی

معصومه انصاری‌تبار

افشین پنجه‌پور

عمران محمدی

میثم صادقی

طراحی گرافیکی نشریه، جلد، صفحه‌آرایی:

آسنا فاضلی

مطالب، لزوماً انعکاس دیدگاه های مجله نمیباشد.

مجله در دخل، تصرف و تلخیص مقاله ها آزاد است.





سخن سردیر



مشکلات حوزه اقتصاد دانش‌بنیان و بررسی نوآندهای حوزه فناوری در جهت انعکاس آن، از سویی برای شرکت‌های نوپا و حتی رشد یافته راهگشا و از سوی دیگر الهام بخش خواهد بود.

تلاش همکاران در نشریه با خواندن و بازخورد نسبت به مطالب به ثمر می‌رسد که با شناختی که از جامعه نوآوری ایران دارم این خواسته محقق شدنی است.

شبکه سازی نه چندان مناسب بین اجزا زیست بوم فناوری است.

نشریه **فصلنامه بوم فناوری** مسیری است برای نقش آفرینی در شبکه سازی نوآوران تا دستاوردها مورد استفاده قرار گیرد، مسائل مشترک طرح شود، مسیر آینده ترسیم شود و میزهای فناوری پروتق گردد.

دسترسی نشریه به یافته‌های شما در زمینه‌های فناوری، تحلیل



نشریه فصلنامه بوم فناوری؛ هم‌افزایی نوآوری‌ها و تقویت شبکه‌های فناوری برای رویکردی آینده‌پرو در اقتصاد دانش‌بنیان ایران

توسعه فناوری در کشور که تاب‌آوری آن را به دنبال دارد، روندی قابل قبول داشته است. تنوع اقلیمی - قومی ایران و موقعیت ممتاز جغرافیایی آن، زمینه فعالیت در بسیاری از شاخه‌های صنعتی، کشاورزی و خدماتی را فراهم آورده و نیروی انسانی مستعد جوان میهن توجه به نوآوری در بخش‌های مختلف اقتصادی را ممکن می‌کند. آنچه با وجود تمام مزیت‌ها گفته شده ما را دچار ضعف می‌کند



انجمن شرکت های دانش بنیان و فناوری استان اصفهان

Isfahan Technology Companies Association (ITCA)



نویسنده: مهندس فرید نجات بخش



تجربیات به نثر

سال‌های زیادی از مطرح شدن نام "فناوری" که بیشتر واژه انگلیسی آن تحت عنوان "تکنولوژی" در کشور ما استفاده می‌شود، می‌گذرد. ولی به دلایل بسیار که یکی از اصلی‌ترین آنها "اقتصاد منبع محور" کشور بوده است به نحو شایسته از مزایای آن بهره‌مند نشده‌ایم و در واقع دلارهای نفتی تا مدت زیادی اجازه بهره‌گیری از منابع "فناوری بومی" را به ما نمی‌داد.



از اواسط دهه ۸۰ و با افزایش فشار تحریم‌های ظالمانه، صنایع ما با کمبودهایی مواجه شدند که صرفاً با پرداخت پول قابل تحصیل نبوده و نیاز داشت متخصصین داخلی نیز نقشی بیش از یک کاربر و یا به عبارتی "اپراتور" در توسعه و جبران کمبودهای صنایع مختلف ایفا کنند.

اما تجربیات گذشته نشان داده بود که این متخصصین نمی‌توانند صرفاً متخصصین دانشگاهی باشند، بلکه نیاز بود که علاوه بر داشتن تحصیلات دانشگاهی، به فرایند تطبیق علم با صنعت نیز آگاهی و آشنایی داشته و با دارا بودن یک ساختار حقوقی تحت عنوان شرکت، شرایط لازم را برای پاسخ‌گویی به نیازهای روز صنایع آماده کرده باشند.

و بدین گونه، با تشکیل "معاونت علمی و فناوری و اقتصاد دانش‌بنیان" در ساختار دولت، نظام شناسایی و اعتبارسنجی این شرکت‌ها هم ایجاد گردید.

در اواسط دهه ۹۰، شرکت‌های دانش‌بنیان و فناور در استان اصفهان بر آن شدند تا با ایجاد **انجمن شرکت‌های دانش‌بنیان و فناور استان اصفهان**، فصل مشترک نیازها و درخواست‌های خود را مشخص نموده و با ایجاد صدایی واحد، ذی‌نفعان حوزه اقتصاد دانش‌بنیان را نسبت به

طرفیت‌ها و توافندی‌های خود هرچه بیشتر به‌روز نمایند.

اکنون، با گذشت حدود ۱۰ سال از تشکیل انجمن، اعضای هیات‌مدیره بر آن شدند تا با تأسیس یک رسانه اختصاصی تحت عنوان بوم فناوری، ظرفیت‌ها، توانمندی‌ها، پیشنهادات و انتقادات خود را به‌صورت نظام‌مند، مستند و سیستماتیک به سمع و نظر سایر ذی‌نفعان اقتصاد دانش‌بنیان برسانند.

در این راستا و پس از کسب مجوز انتشار از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی، نشریه پیش‌رو به‌عنوان یک نشریه تخصصی حوزه فناوری در اختیار عموم فعالین و حامیان اقتصاد دانش‌بنیان قرار گرفته و با رویکرد تقاضامحور، با تقسیم‌بندی حوزه‌های مختلف کاربرد فناوری، سعی نموده تا ضمن حفظ تنوع مطالب، که در ذات فناوری است، مخاطب را مستقیماً به حوزه مورد نظر راهنمایی نماید.

بر این اساس، این شماره نشریه دارای شش میز تخصصی در حوزه‌های:

۱. فناوری‌های نرم
۲. آب، محیط زیست و انرژی
۳. مواد پیشرفته و ساخت
۴. سلامت
۵. ساختمان
۶. نفت، گاز و پتروشیمی

می‌باشد. همچنین، مصاحبه‌هایی جذاب با برخی فعالین این حوزه‌ها، از بخش‌های دیگر اولین شماره نشریه است که امید داریم مورد استفاده شما مخاطبان عزیز قرار گیرد.

در پایان، خواهمشند است این انجمن را از پیشنهادات و انتقادات سازنده خود بهره‌مند فرمایید تا ان‌شاءالله نشریه با تقویت نقاط قوت و رفع نقاط ضعف مربوطه، بتواند مأموریت اصلی خود را، که همانا "ایجاد هم‌صدایی در همه اجزای زیست‌بوم فناوری است" به انجام رساند.



برندهای بزرگ، بازتابی از برهه‌ای از تاریخ و گروهی از افرادی است که آن را ساخته اند. نه می توانند

کپی شوند، و نه بازیابی ... ریحارد برنسون

مدیران انجمن از سال ۱۳۹۶ تا ۱۴۰۲

مدیران انجمن ۹۸ تا ۱۴۰۰

			
فرید نجات بخش عضو هیات مدیره مدیر عامل شرکت پارس صنعت سیاهان	حسن اکبری عضو هیات مدیره مدیر عامل شرکت فراگوش سیاهان	حمیدرضا عزیزبان نایب رئیس هیات مدیره مدیر عامل شرکت انبار پارسی پارسار گدا	مسعود یاضی رئیس هیات مدیره مدیر عامل شرکت سیاهانه پارس دلفین آیدانا
			
سید محمدحسین حسینی نیا دبیر مدیر بازرگانی شرکت انجمن آیدانا سیاهان	حسن مولایی بازرس مدیر عامل شرکت پارسار گدا	سید یاسر معین الدینی عضو هیات مدیره نایب رئیس هیات مدیره شرکت پارس دلفین آیدانا	عاجل گریهانی عضو هیات مدیره مدیر عامل شرکت انبار پارسی پارسار گدا

مدیران انجمن ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۲

			
فرید نجات بخش رئیس هیات مدیره مدیر عامل شرکت پارس صنعت سیاهان	علی روستان نایب رئیس هیات مدیره نایب رئیس هیات مدیره شرکت پارس دلفین آیدانا	حمیدرضا عزیزبان عضو هیات مدیره مدیر عامل شرکت انبار پارسی پارسار گدا	وحید شهسوار عضو هیات مدیره مدیر عامل شرکت پارسار گدا
			
سید محمدحسین حسینی نیا دبیر مدیر بازرگانی شرکت انجمن آیدانا سیاهان	محمد علی آبادی فراهانی بازرس مدیر عامل شرکت آریا پارس پارسار گدا	سید یاسر معین الدینی عضو هیات مدیره نایب رئیس هیات مدیره شرکت پارس دلفین آیدانا	عاجل گریهانی عضو هیات مدیره مدیر عامل شرکت انبار پارسی پارسار گدا

مدیران انجمن ۹۶ تا ۹۸

			
محمد علی آبادی فراهانی عضو هیات مدیره مدیر عامل شرکت آریا پارس پارسار گدا	سید یاسر معین الدینی سرپرست دفتر خانه و خزانه کار نایب رئیس هیات مدیره شرکت پارس دلفین آیدانا	مسعود یاضی نایب رئیس هیات مدیره نایب رئیس هیات مدیره شرکت پارس دلفین آیدانا	ابوالکاسم مرادی رئیس هیات مدیره مدیر عامل شرکت آریا پارس پارسار گدا
			
احمد فروز مهر عضو علی الدل مدیر عامل شرکت پارسار گدا	سید عادل ایمانی عضو علی الدل مدیر عامل شرکت پارسار گدا	محسن گریهانی عضو هیات مدیره مدیر عامل شرکت انبار پارسی پارسار گدا	امیر علی شریانی عضو هیات مدیره مدیر عامل شرکت پارس دلفین آیدانا





نویسنده: بهزاد صادقیان^۱، فاطمه صادقی^۲

^۱دکتری مهندسی مواد، دبیر انجمن شرکت های دانش بنیان و فناوری استان اصفهان،

مدیرعامل شرکت دانش بنیان فناوری پژوه رایبد

^۲کارشناس ارشد مهندسی مواد، معاون اجرایی شرکت دانش بنیان فناوری پژوه رایبد

سایت: <https://raibodrubber.com/>

تلفن: ۰۹۱۳۹۹۰۵۴۷۳

ایمیل: raibodrubber@gmail.com

چکیده

تیم‌سازی یکی از مهم‌ترین عوامل موفقیت یا شکست در استارت‌آپ‌هاست.

ایده‌های نوآورانه بدون تیمی متعهد، منعطف و هماهنگ، به‌ندرت به

نتیجه می‌رسند. حدود ۸۰ تا ۹۰ درصد استارت‌آپ‌ها در سال‌های اول

شکست می‌خورند که بخشی از این شکست‌ها به دلیل مشکلات تیمی

است. استارت‌آپ‌هایی که تیم بنیان‌گذاری دو یا چند نفره دارند، احتمال

موفقیت‌شان تا ۵۰ درصد بیشتر است و تمرکز روی تیم و فرهنگ سازمانی

می‌تواند نرخ موفقیت را تا ۳۰ درصد افزایش دهد. در این مقاله، ابتدا

ویژگی‌های کلیدی یک تیم استارت‌آپی موفق مانند تجربه قبلی، تمرکز

بر شاخص‌ها، توانایی حل مسئله و تعهد بررسی می‌شود. سپس بر

اهمیت انتخاب آگاهانه افراد تیم با توجه به تیپ‌های شخصیتی، سبک

کاری و نیازهای واقعی نقش‌ها تأکید می‌شود. تفاوت‌های شخصیتی اگر

به‌درستی مدیریت شوند، می‌توانند منشأ خلاقیت و هم‌افزایی باشند.

همچنین معیارهای حیاتی برای انتخاب هم‌بنیان‌گذاران مناسب، از جمله

چشم‌انداز مشترک، اعتماد متقابل، شایستگی اثبات‌شده و آمادگی برای

تعهد زمانی مورد بحث قرار گرفته‌اند. نهایتاً نتیجه‌گیری می‌شود که

تیم مناسب، مهم‌تر از ایده اولیه است و باید بیشترین سرمایه‌گذاری

ذهنی و عملی روی آن انجام شود.

چرا تیم مهم است؟

طبق گزارشات مختلف، تقریباً ۸۰ تا ۹۰ درصد استارت‌آپ‌ها در چند سال اول شکست می‌خورند. یکی از مهم‌ترین دلایل شکست، عدم وجود تیم مناسب یا مشکلات تیمی است که تا ۳۰ درصد از

شکست‌ها را تشکیل می‌دهد. همچنین، مطالعات نشان می‌دهند که استارت‌آپ‌هایی که تیم بنیان‌گذاری‌شان حداقل ۲ نفر است، ۵۰ درصد احتمال موفقیت بیشتری نسبت به تیم‌های تک نفره

دارند. استارت‌آپ‌هایی که روی تیم و فرهنگ سازمانی تمرکز می‌کنند، به طور متوسط ۳۰ درصد نرخ موفقیت بالاتری نسبت به دیگران دارند.

هم‌بنیان‌گذار مناسب، نیمی از مسیر موفقیت استارت‌آپ



در دنیای استارت‌آپ‌ها، جایی که سرعت تغییرات بالا و میزان عدم قطعیت بسیار

زیاد است، یکی از معهود ثبات‌های قابل اتکا «تیم» است. اغلب شنیده‌ایم که

«ایده خوب مهم است» اما واقعیت دنیای کسب‌وکار این است که هزاران ایده

عالی هیچ‌گاه به مرحله اجرا نمی‌رسند یا در مسیر شکست می‌خورند، نه به

خاطر ضعف ایده، بلکه به دلیل نبود تیمی که بتواند آن ایده را به‌درستی به ثمر

برساند. برعکس، تیم‌های قوی حتی از ایده‌های متوسط نیز می‌توانند محصولاتی

متمايز، مدل‌های کسب‌وکار موفق و سازمان‌های پویا بسازند. تیم نه‌تنها عامل

اصلی در اجرای استراتژی‌ها و حل چالش‌هاست، بلکه مستقیماً بر فرهنگ، انگیزه،

بهره‌وری، سرعت یادگیری و ظرفیت نوآوری استارت‌آپ اثر می‌گذارد. درواقع، وقتی

یک سرمایه‌گذار حرفه‌ای به استارت‌آپی نگاه می‌کند، بیش از آنکه بر خود ایده

تمرکز کند، به تیم پشت آن نگاه می‌کند. چون می‌داند در یک مسیر ناشناخته،

کیفیت افراد و نحوه تعامل آن‌هاست که سرنوشت را رقم می‌زند. در این مقاله

تلاش می‌کنیم با نگاهی تحلیلی و با تکیه بر مطالعات، تجربیات کارآفرینان و

توصیه‌های متخصصان منابع انسانی، به بررسی این موضوع بپردازیم که یک تیم

استارت‌آپی موفق چه ویژگی‌هایی دارد، چگونه باید اعضا و هم‌بنیان‌گذاران مناسب

را انتخاب کرد، تیپ‌های شخصیتی چگونه بر عملکرد تیم اثر می‌گذارند، و چه

راهکارهایی برای حفظ انگیزه، ارتباطات و همکاری اثربخش در تیم وجود دارد.

اگر شما هم در آغاز مسیر راه‌اندازی یک استارت‌آپ هستید، یا قصد دارید تیم

فعلی خود را بازسازی و تقویت کنید، این مقاله می‌تواند راهنمای خوبی برای

تصمیم‌گیری‌های کلیدی‌تان باشد.

۱. ویژگی‌های یک تیم استارت‌آپی موفق

در مراحل آغازین شکل‌گیری یک استارت‌آپ، تیم نقشی حیاتی و چندوجهی ایفا

می‌کند؛ چون علاوه بر توسعه محصول و ورود به بازار، باید با منابع محدود،

ریسک بالا و تغییرات مداوم روبه‌رو شود. به همین دلیل، صرف داشتن مهارت‌های

فنی کافی نیست؛ بلکه مجموعه‌ای از ویژگی‌های فردی و تیمی لازم است تا یک

گروه کوچک به موتور محرک یک کسب‌وکار نوپا تبدیل شود. در ادامه، به

مهم‌ترین ویژگی‌های تیم‌های موفق استارت‌آپی می‌پردازیم:

(آ) تجربه قبلی در فضای استارت‌آپی

تجربه راه‌اندازی یا همکاری در استارت‌آپ‌های قبلی—even اگر منجر به شکست شده

باشد—ارزشمند است. این تجربه‌ها باعث می‌شود اعضای تیم دید واقع‌گرایانه‌تری

نسبت به چالش‌های اجرایی، تعامل با مشتری، مسائل حقوقی، و تصمیم‌گیری

تحت فشار داشته باشند. افرادی که طعم شکست را چشیده‌اند، معمولاً در برابر

بحران‌ها مقاوم‌تر عمل می‌کنند و از تکرار اشتباهات گذشته اجتناب می‌کنند.

ب) تمرکز بر شاخص‌های عملکرد (KPIs)

استارت‌آپی که به‌جای پیروی صرف از ایده‌ها، با شاخص‌های قابل سنجش پیش

می‌رود، نشان می‌دهد که تیم درک درستی از مدل کسب‌وکار، تحلیل داده و

تصمیم‌گیری مبتنی بر شواهد دارد. شاخص‌هایی مثل نرخ رشد کاربران، CAC،

LTV، یا نرخ تبدیل، به تیم کمک می‌کنند واقع‌گرایانه مسیر پیشرفت را ارزیابی

کند و اصلاحات لازم را در زمان مناسب انجام دهد. چنین تیمی از «توهم پیشرفت»

دوری می‌کند و متمرکز بر نتایج واقعی است.

پ) انعطاف‌پذیری و توانایی سازگاری

در اکوسیستم استارت‌آپی، نوسانات بازار، بازخوردهای غیرمنتظره مشتریان و تغییر در

مسیر محصول اجتناب‌ناپذیر است. تیمی که انعطاف‌پذیر باشد، نه‌تنها به سرعت

خود را با شرایط جدید وفق می‌دهد، بلکه از آن‌ها به‌عنوان فرصت‌هایی برای

یادگیری و نوآوری استفاده می‌کند. این ویژگی، به‌ویژه در مراحل اولیه که هنوز

تناسب محصول با بازار (Product-Market Fit) به‌دست نیامده، حیاتی است.

ت) تعهد و اشتیاق

استارت‌آپ‌ها در ابتدای مسیر معمولاً امکانات مالی اندکی دارند، ساعات کاری

طولانی است و نتایج فوری حاصل نمی‌شود. در چنین فضایی، تنها اعضایی که واقعاً

به مأموریت و چشم‌انداز استارت‌آپ باور دارند، باقی می‌مانند. اشتیاق به ساختن،

حل مسئله و خلق ارزش، محرکی است که می‌تواند تیم را از دوران سخت عبور

دهد. تعهد در اینجا به‌معنای حضور جسمی صرف نیست، بلکه به‌معنای آمادگی

برای پذیرش مسئولیت، ابتکار عمل و تلاش مضاعف در لحظات بحرانی است.

ث) توانایی حل مسئله در شرایط پیچیده

از آنجایی‌که استارت‌آپ‌ها با عدم قطعیت‌های زیاد مواجه هستند، مسیر از

پیش تعیین‌شده‌ای وجود ندارد. اعضای تیم باید بتوانند در موقعیت‌های مبهم،

تصمیم‌گیری کنند، راه‌حل‌های خلاقانه ارائه دهند و بدون اتلاف وقت، دست به

اجرا بزنند. توانایی تحلیل مسائل، شناسایی گزینه‌های ممکن و آزمودن سریع آن‌ها،

ویژگی کلیدی برای موفقیت در چنین شرایطی است.

۲. انتخاب افراد مناسب برای تیم

یکی از مهم‌ترین و در عین حال دشوارترین مراحل در مسیر شکل‌گیری یک استارت‌آپ، انتخاب اعضای تیم است. بسیاری از بنیان‌گذاران تصور می‌کنند که می‌توانند فرایند جذب و استخدام نیرو را به طور کامل به دیگران واگذار کنند، اما واقعیت این است که هیچ‌کس به اندازه بنیان‌گذار یا بنیان‌گذاران، با چشم‌انداز، فرهنگ و نیازهای خاص استارت‌آپ آشنا نیست و نمی‌تواند دقیق‌تر از آن‌ها تشخیص دهد که چه تیپ شخصیتی و چه سطح اشتیاق و تعهدی برای همراهی در این مسیر پرچالش لازم است. انتخاب افراد مناسب نه تنها باعث افزایش شانس موفقیت استارت‌آپ می‌شود، بلکه هزینه‌های ناشی از اشتباهات استخدای را به شدت کاهش می‌دهد. هر فرد جدید باید بتواند به رشد تیم کمک کند و نه باعث ایجاد اختلال یا کاهش انگیزه سایر اعضا شود. به همین دلیل، انتخاب درست افراد باید از چند جنبه مهم مورد بررسی قرار گیرد:

(آ) تطابق شخصیتی و مکمل بودن اعضا

برخلاف تصور رایج که اعضای تیم باید همه شبیه هم باشند، بهترین تیم‌ها شامل افرادی با شخصیت‌های مکمل هستند. مثلاً فردی که در تصمیم‌گیری‌های سریع و ریسک‌پذیر مهارت دارد، می‌تواند در کنار فردی با رویکرد محافظه‌کارانه و دقیق، تعادل ایجاد کند. این تنوع شخصیتی باعث می‌شود تیم در مواجهه با چالش‌ها انعطاف‌پذیرتر و کارآمدتر عمل کند و نقاط ضعف یکدیگر را پوشش دهد.

(ب) تحلیل دقیق نیازهای کاری

پیش از جذب هر فرد، لازم است وظایف و فرآیندهای کاری به دقت تحلیل شوند تا مشخص شود چه نقش‌هایی باید پر شوند و هر نقش چه مهارت‌ها و ویژگی‌های خاصی می‌طلبد. این تحلیل به تعیین دقیق شرح وظایف، معیارهای انتخاب و تدوین پرسش‌های مصاحبه کمک می‌کند و از جذب افرادی با مهارت‌های نامتناسب جلوگیری می‌کند.

(ت) در نظر گرفتن سطح تعاملات

برخی نقش‌ها نیازمند تعامل گسترده با مشتریان، شرکا یا سایر بخش‌های سازمان است. برای این دسته، مهارت‌های ارتباطی و توانایی برقراری ارتباط مؤثر اهمیت ویژه‌ای دارد. ارزیابی دقیق این مهارت‌ها هنگام انتخاب نیرو باعث می‌شود افراد مناسب‌تری در موقعیت‌های حساس قرار گیرند که مستقیماً بر رضایت مشتری و موفقیت کسب‌وکار تأثیرگذار است.

(ث) ارزیابی سبک کاری و مسئولیت‌پذیری

در محیط‌های پویا و چابک استارت‌آپی، افراد تنها مجری دستورات نیستند بلکه باید خودراهم‌بر باشند؛ یعنی توانایی تصمیم‌گیری مستقل، مدیریت زمان، و پاسخگویی به نتایج کار خود را داشته باشند. افرادی که انتظار دارند صرفاً دستور بگیرند و اجرا کنند، معمولاً در چنین محیطی موفق نخواهند بود و ممکن است روند پیشرفت تیم را کند کنند.

(ج) تأثیر تعدا هم بنیانگذاران بر احتمال موفقیت استارت‌آپ

بر اساس آمارهای Go-Global، ۴۷.۵٪ از تیم‌هایی که بعدها به شرکت‌های موفق تبدیل شدند، در ابتدا دو بنیان‌گذار داشته‌اند. در مقابل، تنها ۲۰٪ از استارت‌آپ‌های موفق توسط یک بنیان‌گذار تأسیس شده‌اند. تیم‌هایی با سه بنیان‌گذار سهمی معادل ۷.۵٪ داشته‌اند و تیم‌هایی با بیش از سه بنیان‌گذار حدود ۲۵٪ از شرکت‌های موفق را تشکیل می‌دهند. این آمار نشان می‌دهد که حضور دو بنیان‌گذار، رایج‌ترین و احتمالاً مؤثرترین ساختار در مسیر موفقیت است. دلایل موفقیت بیشتر استارت‌آپ‌هایی با دو بنیان‌گذار را می‌توان در چند محور کلیدی خلاصه کرد که مهم‌ترین آن این بوده است که دو نفر می‌توانند بار کاری را بهتر بین خود تقسیم کنند. معمولاً یکی تمرکز بیشتری روی توسعه محصول دارد و دیگری بر بازار، فروش یا عملیات متمرکز می‌شود. در واقع مسیر استارت‌آپ پرفشار و پرفراز و نشیب است. داشتن فردی هم‌سطح که بتوان در بحران‌ها با او مشورت کرد و انگیزه گرفت، احتمال دوام و عبور از مراحل سخت را افزایش می‌دهد. تیم دو نفره نسبت به تیم‌های بزرگ‌تر، سریع‌تر تصمیم می‌گیرد و هماهنگی ساده‌تری دارد. در عین حال، برخلاف تک‌بنیان‌گذار، دچار دیدگاه تک‌بعدی نمی‌شود.



تعداد بنیان‌گذاران شرکت‌های موفق در ابتدای تأسیس



۳. تیپ‌های شخصیتی و هم‌افزایی در تیم

در یک تیم استارت‌آپی، تفاوت‌های شخصیتی بین اعضا اجتناب‌ناپذیر است. اما این تفاوت‌ها نه‌تنها نقطه ضعف نیستند، بلکه اگر به‌درستی درک و مدیریت شوند، می‌توانند به مزیت رقابتی تیم تبدیل شوند. تیم‌هایی که بتوانند ترکیبی متوازن از تیپ‌های شخصیتی مختلف را گرد هم آورند، در تصمیم‌گیری، خلاقیت، اجرا و ارتباطات عملکردی به‌مراتب قوی‌تر خواهند داشت. به‌طور معمول، در تیم‌های موفق، سه نوع تیپ شخصیتی مکمل دیده می‌شود:

(آ) افراد تحلیلی و دقیق

این افراد معمولاً تمرکز بالایی روی جزئیات دارند، ساختارگرا هستند و با داده‌ها و منطق سروکار دارند. آن‌ها برای نقش‌های فنی، تحلیل داده، مدیریت کیفیت یا کنترل پروژه ایده‌آل‌اند. حضور آن‌ها در تیم موجب می‌شود تصمیم‌گیری‌ها صرفاً احساسی یا شتاب‌زده نباشد.

(ب) افراد اجتماعی و برون‌گرا

این دسته از افراد انرژی خود را از ارتباط با دیگران می‌گیرند. در جلسات، ارائه‌ها، ارتباط با مشتری یا جذب سرمایه، نقش کلیدی ایفا می‌کنند. توانایی آن‌ها در تعامل انسانی باعث می‌شود تیم بتواند شبکه‌سازی مؤثری داشته باشد و بهتر از بازخورد بیرونی استفاده کند.

(پ) افراد خلاق و نوآور

ایده‌پردازها معمولاً مرزهای سنتی تفکر را کنار می‌زنند. آن‌ها موتور نوآوری تیم هستند و به‌ویژه در مراحل اولیه شکل‌گیری محصول، می‌توانند راه‌حل‌هایی متفاوت و پیشرو ارائه دهند. هرچند ممکن است گاهی نظم‌گریز به‌نظر برسند، اما نقش آن‌ها در خروج تیم از بن‌بست‌ها حیاتی است.

چگونه این تیپ‌ها هم‌افزایی پیدا می‌کنند؟

رمز موفقیت در این است که:

- هر فرد جایگاه مناسب خود را بشناسد. مثلاً فرد خلاق در نقش طراح‌ی محصول بهتر عمل می‌کند تا در مدیریت مالی.
- رهبر تیم فضای امنی برای ابراز نظرها ایجاد کند تا هیچ تیپ شخصیتی احساس حاشیه‌ای بودن نکند.
- تفاوت‌ها به رسمیت شناخته شود، نه سرکوب. به‌جای تلاش برای یک‌دست‌سازی اعضا، باید تلاش کرد برای هم‌افزایی بین آن‌ها ساختار مناسبی ایجاد شود.

در واقع، تیمی موفق است که شخصیت‌های متنوع را نه به‌عنوان مانع، بلکه به‌عنوان فرصتی برای تکمیل یکدیگر ببیند. چنین تیمی در شرایط مختلف، تصمیمات چندبُعدی‌تری خواهد گرفت و بهتر می‌تواند به چالش‌های محیطی

پاسخ دهد.

۴. انتخاب هم‌بنیان‌گذاران: معیارهای حیاتی

انتخاب هم‌بنیان‌گذار، از حساس‌ترین و تعیین‌کننده‌ترین تصمیم‌هایی است که یک کارآفرین در مراحل ابتدایی یک استارت‌آپ می‌گیرد. بسیاری از استارت‌آپ‌ها نه به دلیل ضعف در ایده یا نبود بازار، بلکه به‌خاطر اختلافات میان بنیان‌گذاران از هم می‌پاشند. یک هم‌بنیان‌گذار مناسب باید نه‌تنها مکمل مهارتی شما باشد، بلکه از نظر ذهنی، ارزشی و رفتاری نیز با شما هم‌راستا باشد.

در ادامه، مهم‌ترین معیارهایی که در انتخاب هم‌بنیان‌گذار باید مدنظر قرار گیرد را با جزئیات بررسی می‌کنیم:

(آ) چشم‌انداز مشترک، نه صرفاً علاقه مشترک

توافق بر سر هدف نهایی بسیار مهم‌تر از هم‌سلیقگی در جزئیات است. ممکن است دو نفر به فناوری علاقه‌مند باشند، اما یکی به رشد سریع و خروج زودهنگام فکر کند و دیگری به ساخت یک شرکت پایدار بلندمدت. این تفاوت در چشم‌انداز، در بلندمدت منجر به تعارض جدی می‌شود. هم‌بنیان‌گذاران باید درباره مقصد نهایی، مدل رشد، نوع محصول و حتی فرهنگ تیمی تصویر نسبتاً یکسانی داشته باشند.

(ب) توانایی برقراری ارتباط مؤثر

هیچ شراکتی بدون گفت‌وگوی شفاف دوام نمی‌آورد. هم‌بنیان‌گذار شما باید فردی باشد که در شرایط بحرانی هم بتوانید با او حرف بزنید، اختلاف نظر را مدیریت کنید و به جمع‌بندی برسید. توانایی گوش‌دادن، ارائه بازخورد سازنده و حل تعارضات مهارتی کلیدی در این رابطه است.

(پ) نگرش مثبت و اخلاق کاری

در مسیر پرچالش راه‌اندازی یک استارت‌آپ، سختی، شکست و عدم قطعیت همواره وجود دارد. داشتن هم‌بنیان‌گذاری که در شرایط دشوار بتواند روحیه خود و تیم را حفظ کند، بسیار ارزشمند است. فردی که اهل پشتکار، یادگیری مستمر و فداکاری برای هدف مشترک باشد، نقش مهمی در عبور از بحران‌ها دارد.

(ت) اعتماد متقابل

اعتماد، پایه‌ی اصلی هر رابطه حرفه‌ای بلندمدت است. باید بتوانید کار، تصمیم‌گیری و حتی منابع مالی را در مقاطعی با خیال راحت به شریک خود بسپارید. اعتماد نه‌فقط به شایستگی، بلکه به صداقت، وفاداری و یکپارچگی رفتار فرد بستگی دارد.

(ث) شایستگی اثبات‌شده

بسیار مهم است که فردی را به‌عنوان هم‌بنیان‌گذار انتخاب کنید که در حوزه‌ای خاص، تجربه یا توانمندی قابل‌تکایی داشته باشد. انتخاب افراد صرفاً بر اساس رابطه شخصی، مثل دوستی یا هم‌کلاسی‌بودن، یک اشتباه رایج ولی پرهزینه است.

استارتاپ شغل پاره‌وقت نیست. بنیان‌گذار باید آماده‌ی صرف زمان‌های طولانی، تحمل استرس و مسئولیت‌پذیری بالا باشد. افراد زیادی در ابتدا مشتاق به‌نظر می‌رسند اما در عمل از عهده فشارها برمی‌آیند. شریکی انتخاب کنید که حاضر است زمان، انرژی و گاهی حتی آسایش شخصی خود را فدای پیشرفت کسب‌وکار کند.

چ) دقت در جذب سرمایه‌گذاران به‌عنوان شریک

گاهی ممکن است سرمایه‌گذاری پیشنهاد مشارکت یا هم‌بنیان‌گذاری دهد، اما این پیشنهاد همیشه به نفع استارتاپ نیست. ورود افراد صرفاً به‌دلیل منابع مالی‌شان، بدون در نظر گرفتن تطابق ارزشی و فرهنگی، می‌تواند در آینده منجر به کنترل‌گری، تضاد منافع یا انحراف از مسیر اصلی شود.

۵. فرهنگ تیمی و اهمیت ارتباطات درونی

فرهنگ سازمانی یک استارتاپ، مثل اکسیژن برای تیم عمل می‌کند: شاید دیده نشود، اما نبود یا آلودگی آن می‌تواند مرگ‌آور باشد. برخلاف شرکت‌های بزرگ که ساختارهای رسمی دارند، استارتاپ‌ها با تیم‌های کوچک و محیط‌های پویای خود، بیشتر به فرهنگ غیررسمی، ارتباطات شفاف و تعامل روزانه وابسته‌اند. به همین دلیل، شکل‌گیری یک فرهنگ تیمی سالم و ارتباط مؤثر بین اعضا نقش حیاتی دارد.

الف. تعریف فرهنگ تیمی

فرهنگ تیمی مجموعه‌ای از ارزش‌ها، نگرش‌ها، شیوه‌های تصمیم‌گیری و رفتارهای مشترک است که تعیین می‌کند اعضا چگونه با هم و با چالش‌ها برخورد می‌کنند. این فرهنگ می‌تواند به‌طور ناخودآگاه از رفتار بنیان‌گذاران الگوبرداری شود، یا به‌صورت آگاهانه طراحی و تقویت گردد.

ب. ویژگی‌های یک فرهنگ تیمی سالم در استارتاپ‌ها:

- شفافیت و اعتماد: اعضای تیم باید بتوانند بدون ترس از قضاوت یا تنبیه، مسائل و اشتباهات را مطرح کنند. این فضا باعث یادگیری و پیشرفت می‌شود.
- پذیرش بازخورد: تیم‌هایی که فرهنگ بازخورد صادقانه و محترمانه دارند، سریع‌تر رشد می‌کنند.
- مسئولیت‌پذیری فردی: هر فرد باید احساس کند که نقش او حیاتی است و نسبت به آن پاسخ‌گو باشد.
- همدلی و درک متقابل: در محیط‌های پرتنش استارتاپی، همدلی باعث کاهش اصطکاک و افزایش همبستگی تیم می‌شود.
- جشن گرفتن موفقیت‌های کوچک: این کار نه‌تنها روحیه را بالا می‌برد، بلکه فرهنگ قدردانی را نهادینه می‌کند.

پ. ارتباط مؤثر: قلب تپنده تیم

اگر فرهنگ تیمی اسکلت استارتاپ باشد، ارتباط مؤثر همان خون جاری در آن است. ابزارها و روش‌های ارتباطی نقش مهمی در موفقیت تیم ایفا می‌کنند. چند اصل کلیدی:

- استفاده از ابزارهای مناسب
- جلسات منظم اما مختصر برای هم‌افزایی و مرور پیشرفت.
- گفت‌وگوی غیررسمی و ایجاد فضای دوستانه، به‌ویژه در تیم‌های دورکار.
- نقش بنیان‌گذاران در شکل‌دادن به فرهنگ تیمی

فرهنگ از بالا شروع می‌شود. بنیان‌گذاران با رفتار، گفتار و تصمیمات خود به‌طور مستقیم الگوی فرهنگی می‌سازند. صداقت، پذیرش خطا، الویت‌دادن به یادگیری و پایداری به ارزش‌ها از جمله ویژگی‌هایی است که فرهنگ تیمی را شکل می‌دهد و ماندگار می‌کند.

نتیجه‌گیری: تیم، مهم‌تر از ایده

در مسیر پر فراز و نشیب راه‌اندازی یک استارتاپ، چیزی که بیش از همه سرنوشت کسب‌وکار را تعیین می‌کند، نه فقط بزرگی ایده بلکه کیفیت تیمی است که آن را اجرا می‌کند. یک ایده متوسط با تیمی متعهد، منعطف و دارای فرهنگ سالم می‌تواند موفق شود، اما برعکس، بهترین ایده‌ها هم در دست تیم‌های ناهماهنگ به شکست می‌انجامند.

در این مقاله دیدیم که:

- ویژگی‌های یک تیم موفق شامل تجربه، انعطاف‌پذیری، تمرکز بر شاخص‌ها و تعهد است.
- انتخاب افراد باید با دقت، بر اساس تطابق شخصیتی، نیازهای واقعی و سبک کاری انجام شود.
- تفاوت‌های شخصیتی نه تنها تهدید نیستند، بلکه منبعی از هم‌افزایی و خلاقیت محسوب می‌شوند.
- انتخاب هم‌بنیان‌گذار یک تصمیم راهبردی و حساس است که باید بر پایه اعتماد، توانمندی و چشم‌انداز مشترک باشد.
- فرهنگ تیمی و ارتباطات مؤثر عامل بقای تیم در شرایط بحرانی و شتاب‌گیری آن در مسیر رشد است.

پس اگر در فکر راه‌اندازی یک استارتاپ هستید یا اکنون در مراحل اولیه آن هستید، مهم‌ترین سرمایه‌گذاری شما نه در محصول، نه در بازار، بلکه در تیمی است که همراه‌تان است. تیم خوب، مسیر را هموار می‌کند، چالش‌ها را قابل حل می‌سازد و موفقیت را به یک احتمال منطقی تبدیل می‌کند.

منابع

۱. Reasons Startups Fail. Retrieved ۱۲ The Top .CB Insights (۲۰۲۱). <https://www.cbinsights.com/research/startup-failure-reasons/from>
۲. The Founder's Dilemmas: Anticipating .Wasserman, N (۲۰۱۲). and Avoiding the Pitfalls That Can Sink a Startup. Princeton University Press
۳. The Global Startup Ecosystem Report .Startup Genome (۲۰۱۹). Retrieved from <https://startupgenome.com/report/gser۲۰۱۹>
۴. The Founder's Dilemma. Harvard .Noam Wasserman (۲۰۰۸). Issue ۲۰۰۸ Business Review, February
۵. Why Startups Fail. Retrieved .Harvard Business Review (۲۰۱۶). <https://hbr.org/why-startups-fail/۰۳/۲۰۱۶/from>
۶. Of Startups Fail And What You Can %۹۰ Why .Forbes (۲۰۲۰). Retrieved from <https://www.forbes.com/Learn/From/Their/Mistakes>



فناوری‌های نرم به مجموعه‌ای از دانش‌ها و رویکردهای غیریژیک‌ی گفته می‌شود که به بهبود زندگی انسان و حل مسائل اجتماعی کمک می‌کنند. این فناوری‌ها شامل حوزه‌هایی مانند علوم انسانی، مدیریت، برنامه‌ریزی و نوآوری هستند و هدفشان ارتقای کیفیت زندگی و پیشبرد اهداف



مصاحبه با سرکار خانم مهندس میکلائی

کارشناسی ارشد مهندسی مواد، سرداور اختراعات در واحد مالکیت

فکری شهرک علمی و تحقیقاتی اصفهان

مصاحبه کننده: دکتر بهزاد صادقیان، دبیر انجمن شرکت های دانش

بنیان و فناوری استان اصفهان

تلفن: ۰۳۱-۳۳۸۶۵۳۵۵ داخلی ۱۱۶۸

چکیده

ثبت اختراع، یکی از مؤثرترین ابزارهای حفاظت از نوآوری است که با ایجاد حق انحصاری، از

سوءاستفاده رقبا جلوگیری کرده و زمینه‌ساز جذب سرمایه و رشد تجاری می‌شود. با ثبت اختراع،

می‌توان از نوآوری بهره‌برداری اقتصادی کرد یا امتیاز آن را به دیگران واگذار نمود. با وجود مزایای

فراوان، فرایند ثبت با چالش‌هایی مانند اثبات تازگی، نگارش دقیق ادعانامه، هزینه‌های مالی

و محدودیت‌های منطقه‌ای همراه است. انتخاب زمان و کشور مناسب، آگاهی از مسیرهای

جایگزین مانند اسرار تجاری یا طرح صنعتی، و مشورت با کارشناسان، در تصمیم‌گیری درست برای

ثبت بسیار مؤثر است. در این مصاحبه، تلاش شده تا ابعاد مختلف فرآیند ثبت اختراع، چالش‌ها،

مزایا، و راهبردهای پیشنهادی برای شرکت‌های دانش‌بنیان به‌صورت کاربردی و دقیق مورد بررسی

قرار گیرد. سرکار خانم مهندس مریم میکلائی، کارشناس مالکیت فکری و سرداور اختراعات در

شهرک علمی و تحقیقاتی اصفهان، با سابقه‌ای تخصصی در داوری اختراعات داخلی و بین‌المللی،

تجربیات خود را در این حوزه به‌اشتراک گذاشته است.



راهکارها و چالش‌های ثبت اختراع برای شرکت‌های دانش‌بنیان با نگاه تخصصی مهندس مریم میکلائی

خانم مهندس، سلام، خوشحالم در این مصاحبه در خدمتتون هستیم، لطفا خودتان را معرفی

بفرمایید:

مریم میکلائی دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی مواد از دانشگاه

صنعتی اصفهان هستم که در حال حاضر به‌عنوان کارشناس مالکیت

فکری و سرداور اختراعات در واحد مالکیت فکری شهرک علمی و

تحقیقاتی اصفهان فعالیت می‌کنم.

فعالیت من در حوزه داوری اختراعات، هم‌زمان با دوران دانشجویی‌ام در مقطع کارشناسی ارشد

آغاز شد. پس از شرکت در کارگاهی تخصصی در زمینه داوری اختراعات، به‌عنوان داور بررسی

اختراعات ملی در دانشگاه صنعتی اصفهان فعالیت خود را آغاز کردم. این تجربه نقطه‌عطفی در

مسیر حرفه‌ای من بود و انگیزه‌ای در من ایجاد کرد که تصمیم گرفتم به طور جدی این حوزه را

دنبال کنم. در سال ۱۳۹۸ به عنوان سرداور همکاری خودم را با مرجع داوری دانشگاه ادامه دادم

و مسئولیت بررسی اختراعات خارجی و سرداوری پرونده‌های اختراعات داخلی را بر عهده گرفتم.

در این راستا، در دوره‌های تخصصی کانون پتنت ایران و همچنین دوره‌های بین‌المللی سازمان

جهانی مالکیت فکری (WIPO) شرکت کردم و همچنان با انگیزه و علاقه‌مند به این مسیر، در

حال یادگیری و به‌روزرسانی مستمر دانش خود در این زمینه هستم.

از سال ۱۴۰۱ تاکنون هم به‌عنوان سرداور بررسی اختراعات و کارشناس مالکیت فکری در شهرک

علمی و تحقیقاتی اصفهان مشغول به فعالیت هستم.

پیرامون واحد مالکیت فکری شهرک علمی و تحقیقاتی اصفهان توضیح

می فرمایید؟

واحد مالکیت فکری شهرک علمی و تحقیقاتی اصفهان یکی از زیرمجموعه‌های اداره توانمندسازی

واحدهای فناوری و منابع علمی، وابسته به معاونت پشتیبانی واحدهای فناوری، محسوب می‌شود.

این واحد به‌عنوان یکی از مراجع رسمی استعلام در ارتباط با مرکز مالکیت معنوی کشور

شناخته می‌شود و وظیفه بررسی و داوری اختراعات داخلی و بین‌المللی (پرونده‌های ثبت اختراع

تحت معاهده همکاری ثبت اختراع (PCT)) را

بر عهده دارد. علاوه بر فعالیت‌های داوری و

ارزیابی، این واحد خدمات مشاوره به اشخاص

حقیقی و حقوقی در زمینه مالکیت فکری،

به‌ویژه در حوزه اختراعات، ارائه می‌کند.

همچنین واحد مالکیت فکری شهرک

عضو کمیته «مالکیت فکری و ارزش‌گذاری

دارایی‌های نامشهود» اتاق بازرگانی، صنایع،

معادن و کشاورزی اصفهان است که در

راستای ترویج فرهنگ مالکیت فکری و

ارتقاء آگاهی فعالان حوزه فناوری و اقتصاد

دانش‌بنیان در استان، مشارکت دارد.

چرا در دنیای امروز ثبت اختراع چنین جایگاه مهمی

در جهان امروز که رقابت فناورانه به شدت افزایش یافته، شرکت‌ها و کشورها تنها با تکیه بر نوآوری می‌توانند در میدان رقابت باقی بمانند. اختراعات، قلب تپنده این نوآوری‌ها هستند و ثبت آن‌ها باعث

می‌شود تا از منافع اقتصادی، علمی و فناورانه آن‌ها محافظت شود. با ثبت اختراع، یک نوآوری از لحاظ حقوقی تحت حمایت قرار می‌گیرد و از سوءاستفاده رقبا جلوگیری می‌شود. این حمایت، انگیزه‌ای برای

سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه فراهم می‌کند، زیرا اطمینان وجود دارد که نتیجه تلاش‌ها به سادگی قابل تقلید و کپی‌برداری نخواهد بود.

چه مزایایی برای ثبت اختراع می‌توان نام برد؟

ثبت اختراع مزایای متعددی دارد که از جمله مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به ایجاد حق انحصاری برای بهره‌برداری اشاره کرد. این حق باعث می‌شود که صاحب اختراع، بدون رقابت مستقیم، بتواند از اختراع خود

استفاده اقتصادی کند یا بهره‌برداری از آن را با دریافت حق امتیاز به دیگران واگذار نماید. همچنین، اختراعات ثبت‌شده به عنوان دارایی‌های نامشهود در ترازنامه شرکت‌ها قرار می‌گیرند و ارزش شرکت را افزایش

می‌دهند. این مسئله برای جذب سرمایه‌گذاران حیاتی است، زیرا آن‌ها به دنبال دارایی‌های قابل اتکا هستند که آینده تجاری شرکت را تضمین کنند.

آیا امکان صدور مجوز بهره‌برداری از پتنت وجود دارد؟

بله، این یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های یک پتنت است. صاحب اختراع می‌تواند بدون نیاز به تولید یا بازاریابی مستقیم، اختراع خود را به دیگران مجوز دهد و در ازای آن، درآمد پایدار و

بلندمدت کسب کند.

ارزیابی این معیار، از پیچیده‌ترین مراحل بررسی‌های ماهوی اظهارنامه اختراعی است و

نیازمند تحلیل تطبیقی با پیشینه ثبت و فنون موجود است. همچنین یکی از الزامات کلیدی،

توصیف کامل و دقیق اختراع و تنظیم صحیح ادعانامه است. مخترع باید اختراع خود را به

گونه‌ای تشریح کند که یک متخصص در همان حوزه بتواند با مطالعه آن، اختراع را بسازد

و از آن استفاده کند. عدم وضوح و نقص در جزئیات فنی می‌تواند منجر به رد درخواست

شود. ادعانامه، قلب یک اظهارنامه اختراعی است. ادعاها باید به دقت تنظیم شوند تا

دامنه حمایت را به وضوح مشخص کنند. ادعاهای بیش از حد گسترده ممکن است به دلیل

عدم تازگی یا بدیهی بودن رد شوند، در حالی که ادعاهای بیش از حد محدود، امکان دور

زدن اختراع را برای رقبا فراهم می‌آورد. تبحر در نگارش ادعاها، نیازمند تخصص بین‌رشته‌ای

در حقوق و فناوری است.

چالش‌های مالی و زمانی ثبت اختراع چگونه‌اند؟

ثبت اختراع، به‌ویژه در سطح بین‌المللی، می‌تواند پرهزینه باشد. این هزینه‌ها شامل

حق‌الزحمه‌های ثبت در هر کشور، ترجمه تخصصی، پرداخت به وکلای مالکیت فکری، و

هزینه‌های تهدید دوره اعتبار است. همچنین، اگر اختراع مورد اعتراض یا رد اولیه قرار گیرد،

هزینه‌های مشاوره و دفاع حقوقی هم اضافه خواهد شد. از نظر زمانی نیز، در بسیاری از

کشورها فرآیند بررسی می‌تواند چندین سال طول بکشد، که در این مدت اختراع هنوز به

مرحله نهایی ثبت نرسیده و همین موضوع ریسک افشا و تضعیف مزیت رقابتی را افزایش

می‌دهد.

این کار به‌ویژه در حوزه‌هایی مانند صنایع دارویی، فناوری‌های زیستی، تجهیزات پزشکی

یا حتی دانشگاه‌ها بسیار رایج است. از این طریق، هم دانش فنی منتشر و به کار گرفته

می‌شود و هم ارزش اقتصادی برای مالک ایجاد می‌شود. چنین مدلی امکان رشد شرکت‌ها را

بدون نیاز به منابع سنگین تولید فراهم کرده و به توسعه اکوسیستم نوآوری کمک می‌کند.

آیا داشتن اختراعات ثبت‌شده تأثیری در جایگاه علمی یا صنعتی مخترع دارد؟

قطعاً. اختراعات ثبت‌شده یکی از معیارهای مهم در ارزیابی میزان نوآوری و توان علمی افراد

و سازمان‌ها هستند. برای پژوهشگران، داشتن پتنت‌های معتبر می‌تواند به ارتقای موقعیت

علمی، جذب فرصت‌های پژوهشی، و همکاری‌های بین‌المللی منجر شود. از منظر صنعتی

نیز، شرکت‌هایی که سبد اختراعات قوی دارند، در مذاکرات تجاری، جذب سرمایه و حتی

صادرات محصولات خود موفق‌تر هستند. این اختراعات می‌توانند وجهه فناورانه شرکت را

در سطح جهانی ارتقاء دهند و در مذاکرات حقوقی یا قراردادهای لیسانس، ابزاری مهم برای

چانه‌زنی محسوب می‌شوند.

مهم‌ترین چالش‌های فرآیند ثبت اختراع چیست؟

ثبت اختراع، فرایندی فنی و حقوقی است که الزامات خاصی دارد. یکی از اصلی‌ترین شروط

ثبت، جدید بودن اختراع در سطح دنیا است؛ به‌گونه‌ای که پیش از تاریخ تسلیم اظهارنامه،

اختراع نباید به‌هیچ‌نحوی افشا شده باشد. هرگونه انتشار، فروش، کاربرد عمومی یا حتی

معرفی توسط خود مخترع نیز می‌تواند منجر به رد درخواست شود. علاوه بر تازگی، اختراع

باید دارای گام ابتکاری باشد، یعنی راه‌حل فنی ارائه‌شده نباید برای یک "متخصص عادی

در فن" بدیهی به نظر برسد.

آیا ثبت اختراع منطقه‌ای است؟ به چه معنا؟

بله، نظام ثبت اختراع به‌صورت منطقه‌ای و ملی عمل می‌کند؛ به این معنا که هر کشور، حاکمیت مستقل بر فرآیند ثبت و اعتبار پتنت‌ها در قلمرو خودش دارد. بنابراین، ثبت یک اختراع در ایران، به‌هیچ‌وجه به معنای اعتبار آن در اروپا، آمریکا یا دیگر کشورها نیست. برای حمایت بین‌المللی، باید اختراع را در هر کشور به‌صورت جداگانه ثبت کرد یا از مسیرهایی مثل معاهده همکاری ثبت اختراع (PCT) استفاده نمود. با اینکه PCT امکان تسهیل فرآیند ثبت در چند کشور را فراهم می‌کند، اما همچنان ثبت نهایی نیازمند پیگیری و پرداخت هزینه در هر کشور مقصد است.

با این همه چالش، آیا ثبت اختراع هنوز گزینه مناسبی برای حفاظت از نوآوری‌هاست؟

این پرسش بنیادی، نه‌تنها به ویژگی‌های ذاتی اختراع، بلکه به اهداف تجاری، منابع مالی، و ساختار رقابتی بازار نیز وابسته است. اگرچه ثبت اختراع یکی از مؤثرترین روش‌های حفاظت از نوآوری است، اما تصمیم به ثبت آن باید هوشمندانه و بر اساس تحلیل دقیق گرفته شود. در برخی موارد، ممکن است حفظ یک نوآوری به‌صورت «اسرار تجاری» منطقی‌تر باشد، به‌ویژه اگر افشای عمومی در فرآیند ثبت، ریسک کمی‌برداری را افزایش دهد. یا در مواردی که ظاهر محصول مهم‌تر از ساختار فنی آن است، ثبت «طرح صنعتی» مقرون‌به‌صرفه‌تر است. بنابراین، انتخاب مسیر مناسب حفاظت، نیازمند بررسی دقیق ابعاد فنی، مالی، بازار هدف، رقبا و دوره عمر فناوری است. مشاوره با متخصصان مالکیت فکری در این تصمیم‌گیری بسیار حیاتی است.

چشم‌انداز آینده ثبت اختراع را چگونه می‌بینید؟

نظام ثبت اختراع همچنان یکی از ارکان اساسی حفاظت از نوآوری در جهان باقی خواهد ماند، به‌ویژه در دوران انقلاب صنعتی چهارم که فناوری‌هایی چون هوش مصنوعی، نانوفناوری و زیست‌فناوری رشد چشمگیری دارند. با این حال، روندهای جهانی در حال تغییرند: کشورها به سمت دیجیتالی‌سازی فرآیند ثبت و استفاده از ابزارهای هوشمند برای بررسی پتنت‌ها می‌روند. از سوی دیگر، شرکت‌ها و نوآوران نیز باید به ترکیب روش‌های مختلف حفاظت (ثبت اختراع، اسرار تجاری، طرح صنعتی و برند) توجه کنند. آینده به کسانی تعلق دارد که نگاه راهبردی به مالکیت فکری داشته باشند و از آن نه‌فقط برای حفاظت، بلکه برای رشد و توسعه استفاده کنند.

در پایان، توصیه شما برای شرکت‌ها دانش بنیان چیست؟

شرکت‌های دانش‌بنیان باید از همان ابتدای مسیر، مالکیت فکری را به‌عنوان یک دارایی راهبردی در نظر بگیرند و برای آن برنامه‌ریزی مشخصی داشته باشند. ثبت اختراع نباید صرفاً برای داشتن یک مدرک انجام شود، بلکه باید با بررسی دقیق از نظر فنی و بازار، در زمان مناسب و با محتوای دقیق صورت گیرد. ثبت زود هنگام ممکن است باعث افشای اطلاعات ناپخته شود یا دوره حفاظت را بیهوده مصرف کند؛ بنابراین ابتدا باید اطمینان حاصل شود که اختراع از نظر فنی و بازار، بلوغ کافی دارد، سپس با مشورت کارشناسان ثبت اختراع اقدام به ثبت شود. انتخاب کشورهایی که در آن‌ها ثبت انجام می‌شود باید بر اساس اهداف تجاری شرکت باشد، چرا که ثبت در ایران به‌تنهایی حفاظت بین‌المللی ایجاد نمی‌کند. علاوه بر این، مستندسازی داخلی همه مراحل توسعه فناوری و تصمیم‌گیری‌ها اهمیت بالایی دارد و می‌تواند در آینده برای اثبات مالکیت یا حل اختلافات مورد استفاده قرار گیرد. قراردادهای همکاری، استخدام و مشاوره باید حتماً شامل بندهای مشخص درباره حقوق مالکیت فکری باشند تا از بروز اختلاف جلوگیری شود. آشنایی اعضای تیم به‌ویژه بخش فنی و مدیریتی با مفاهیم پایه مالکیت فکری ضرورت دارد، زیرا سهیل‌انگاری یا ناآگاهی می‌تواند منجر به از بین رفتن حقوق ثبت شود. همچنین رصد پایگاه‌های داده ثبت اختراع برای بررسی وضعیت رقبا و شناسایی فرصت‌ها یا تهدیدهای حقوقی باید به‌صورت مستمر انجام شود. در نهایت، مدیریت هوشمندانه مالکیت فکری می‌تواند نه‌تنها از نوآوری‌های شرکت محافظت کند، بلکه در افزایش ارزش‌گذاری شرکت، جذب سرمایه و توسعه بازار نیز نقش کلیدی ایفا کند.

سپاس از وقتی که برای نشریه ما گذاشتید.





تحلیل کاربردی قراردادهای منع افشای اطلاعات (NDA): از مطالعه موردی تا دیدگاه حقوقی

مطالعه موردی: حمید رضا آبکار

کارشناس امورقراردادهای شهرک علمی و تحقیقاتی اصفهان

تحلیل حقوقی: عمران محمدی

وکیل پایه یک و مشاور حقوقی شرکتهای دانش بنیان

ایمیل: \omran@mohamadi.com@gmail

۱- مطالعه موردی: انتقال ناخواسته فناوری و اطلاعات استراتژیک به رقیب؛ زنگ هشدار برای شرکتهای دانش‌بنیان

آنچه در زیر آمده تجربه‌ای واقعی از مشکلاتی است که برای شرکتهای خاص به وجود آمده است .

یکی از آسیب‌های نادیده‌گرفته‌شده در فضای شرکتهای دانش‌بنیان، موضوع خروج مدیران کلیدی بدون محدودیت قراردادی و انتقال ناخواسته‌ی فناوری و اطلاعات حیاتی به رقباست.

در یکی از شرکتهای، پس از پایان همکاری یکی از مدیران فنی ارشد، وی به یک شرکت رقیب پیوست. هرچند شرکت رقیب فاقد تکنولوژی به روز بود، اما فعالیت آن در همان بازار هدف و با فناوری جایگزین جریان داشت. به مرور مشخص شد که:

- بخشی از تکنولوژی توسعه‌یافته شرکت قبلی به شرکت رقیب منتقل شده است.
- اطلاعات بازار، ارتباطات مشتریان، قیمت‌گذاری‌ها و حتی داده‌های مالی شرکت قبلی در اختیار رقیب قرار گرفته است.
- این رویداد نشان داد که در نبود سازوکار حقوقی مؤثر، حتی شرکتهایی با تیم فنی قوی و موقعیت علمی معتبر نیز ممکن است دچار نشد دانش و رقابت ناعادلانه شوند.

پیشنهادهای پیشگیرانه برای شرکتهای دانش‌بنیان:

۱. الزام قانونی و قراردادی امضای توافق‌نامه محرمانگی (NDA) و عدم رقابت (Non-Compete Agreement) با کلیه افراد کلیدی از ابتدای همکاری.
۲. ثبت مالکیت فکری فناوری‌ها و دانش فنی به نام شرکت در مراکز حقوقی رسم مانند اداره مالکیت معنوی و
۳. طراحی قراردادهای کاری با بندهای صریح در خصوص منع انتقال اطلاعات پس از قطع همکاری.
۴. بهره‌گیری از مشاوران حقوقی متخصص در حوزه کسب‌وکارهای فناورانه برای تنظیم قراردادهای ارزیابی ریسک منابع انسانی.
۵. افزایش سطح آگاهی مدیران شرکت‌ها نسبت به اهمیت حقوقی دارایی‌های

الف- منع افشای کامل یا کلی

فرض کنید دو شرکت قصد دارند به منظور کاهش هزینه‌های توزیع محصولات خود، یک شرکت توزیعی مشترک تأسیس کنند. فرض کنید که دو شرکت تصمیم گرفته اند که در یکدیگر ادغام شوند و به یک شرکت تبدیل شوند.

در مثالهای فوق، همه چیز محرمانه است؛ حتی خود مذاکرات و حتی تصمیم طرفین بر حذف شرکتهای توزیعی از زنجیره تأمین خود و تصمیم بر حذف یکی از شرکتهای تبدیل شدن به یک شرکت. اگر چنین اطلاعاتی به بیرون درز کند عواقب نامعلومی برای طرفین خواهد داشت. اینجاست که نوع اول قرارداد منع افشاء را شناسایی می کنیم. در این قرارداد، تمام اطلاعاتی که در فرایند ارزیابی تصمیم و مذاکره بین طرفین رد و بدل می شود محرمانه است. طرفین باید تمام اسناد خود را به یکدیگر ارائه دهند که باید محرمانه بمانند و همچنین خود مذاکرات هم باید محرمانه باقی بماند. در نظر داشته باشید که در حالت عادی، خود قرارداد محرمانه تلقی نمی شود چون حداقل به یک مشاور حقوقی یا مشاور اقتصادی نشان داده می شود ولی در حالات استثنایی مانند مثالهای فوق، می توان خود قرارداد بین طرفین از جمله خود منع افشاء را محرمانه تلقی کرد. این نوع منع افشاء با عبارات کلی تنظیم می شود بدین مضمون که همه اطلاعاتی که بین طرفین رد و بدل می شوند محرمانه است.

ب- منع افشای اطلاعات خاص

اگر تاکنون منع افشاء دیده باشید احتمالاً این موضوع برای شما چشمگیر بوده است که لیستی از اطلاعاتی که باید محرمانه تلقی شوند در این قرارداد آمده است مانند اطلاعات فروش، مشتریان، قیمت گذاری، نقشه ها، طرح ها، دانش فنی و قس علیهذا.

این نوع منع افشاء را زمانهایی استفاده می کنیم که سیستم گردش اطلاعات در شرکت به گونه ای است که هر کارمندی به اطلاعات خاصی دسترسی دارد یا اینکه می دانیم که اطلاعاتی حیاتی شرکت کدامند لذا آنها را لیست کرده و در منع افشاء درج می کنیم.

ج- منع افشای اطلاعات آتی

زمانی است که حین تنظیم قرارداد نمی توانیم بدانیم که چه اطلاعاتی ممکن است از این همکاری بدست آید و چه قسمتی از اطلاعات بدست آمده ارزش حیاتی خواهند داشت. اینجاست که منع افشاء با عباراتی نظیر این نوشته می شود: هر اطلاعاتی که برچسب محرمانه داشته باشد، محرمانه است.

برای مثال حین استخدام فردی برای انجام امور تحقیق و توسعه، نمی دانیم نتیجه این تحقیق و توسعه چیست. در اینجا نمی توانیم از یک منع افشای کلی (نوع الف) استفاده کنیم چرا که این رابطه کاری واقعا محرمانه نیست. در نظر بگیرید که خود قرارداد همکاری و اصولا هیچ قراردادی را ما ابتدا به ساکن محرمانه تلقی نمی کنیم چرا که در این صورت تمام رزومه هایی که دریافت می کنید نقض اصل محرمانگی خواهند بود. برای این موارد از برچسب محرمانگی استفاده می کنیم بدین مضمون که اگر به هر طریقی به اطلاع کارمند

رسیده باشد که این اطلاعات محرمانه است، افشای آنها ممنوع است؛ مثلا در عنوان ایمیل

نوشته شده است محرمانه یا بر روی برگ اول جزوه برچسب محرمانه زده شده باشد.

نکته ای که وجود دارد این است که اگر بر روی اطلاعات حساس شرکت برچسب محرمانه زده باشیم، افشای آنها ممنوع است چه قرارداد منع افشاء امضا کرده باشیم یا نه. از اینرو این نوع منع افشاء تا حدی بی فایده بنظر می رسد. اما اینگونه نیست.

اگر تاکنون منع افشاء امضا کرده باشید، یا اگر یک نمونه در اختیار دارید می دانید که در اکثر نمونه های اینترنتی منع افشاء، هر سه نوع مذکور با هم مخلوط شده اند از اینرو ممکن است سوال داشته باشید: این تقسیم بندی چه اهمیتی دارد؟ پاسخ این است: برای تعیین ضمانت اجرای مناسب.

در سیستم حقوقی ایران، اولین ضمانت اجرای هر تخلفی، جبران خسارت است اما راه جبران خسارت به سهولتی که فکر میکنیم نیست. در واقع امر، دشواری راههای جبران خسارت است که مفهوم جریمه (وجه التزام) را به وجود آورده است. دشواری جبران خسارت در قرارداد منع افشاء چند برابر است که در مجال دیگری توضیح داده خواهد شد. حال نوع و میزان جریمه را چگونه تعیین کنیم؟ اینجاست که آگاهی از نوع مناسب قرارداد منع افشاء تا حدی راهگشا است که بتوانیم تشخیص دهیم که از چه ضمانت اجرایی برای قدرت بخشیدن به قرارداد منع افشاء استفاده کنیم. این موضوع را در شماره آتی به تفصیل شرح خواهیم داد.



NON-DISCLOSURE
AGREEMENT

فرض کنید دو شرکت قصد دارند به منظور کاهش هزینه‌های توزیع محصولات خود، یک

معرفی کتاب توسعه شایستگی مدیران

تالیف و گردآوری: مسعودباطنی، مطهره محمدی فرد، سید عرفان سجادیه

(روشی برای برنامه برنامه ریزی توسعه شایستگی های مدیران سازمان

های اقتصادی با درآمدی بر برنامه سازمان ناسا)

ایمیل:erfan.sajadieh@gmail.com

چکیده

کتاب توسعه شایستگی مدیران چارچوبی عملی و گام‌به‌گام برای طراحی برنامه‌های رشد

مدیران و افراد کلیدی سازمان ارائه می‌دهد. این کتاب با رویکردی سازمان‌محور، شایستگی‌ها

را در پیوند با چشم‌انداز و استراتژی‌های سازمانی توسعه می‌دهد. نویسندگان با تکیه بر تجربه

حرفه‌ای و بررسی ۴۰۰ سازمان، ۹ گام کاربردی برای تدوین برنامه توسعه معرفی کرده‌اند.

همچنین به سه سناریو کلیدی در توسعه شایستگی‌ها می‌پردازد: طراحی برنامه توسط

سازمان، تداوم رشد فردی مدیران، و هم‌راستایی برنامه‌ها با اهداف سازمان.

هدف تدوین کتاب توسعه شایستگی مدیران، ارائه‌ی چهارچوبی برای طراحی و تدوین برنامه پرورش

و توسعه‌ی شایستگی مدیران و نیز افراد کلیدی و متخصصی است که علاقمند به دریافت پست‌های

مدیریتی در سازمان هستند و یا مدیرانی که نائل شدن، کامل شدن و به روزآوری شایستگی‌های

سازمانی برای آنها اهمیت دارد.

اگرچه کتاب‌ها و منابع موجود در زمینه‌ی توسعه‌ی فردی و توسعه‌ی شایستگی‌ها متنوع هستند اما

مولفین کتاب به خاطر زمینه فعالیت حرفه‌ای خود با بسیاری از آنها آشنایی دارند. از آنجا که در

اکثر روش‌ها و مدل‌های ارائه شده بیشتر به روش‌های تدوین برنامه توسعه‌ی فردی پرداخته‌شده و

کمتر به خواسته‌ها، چشم‌اندازها، فرهنگ و استراتژی‌های سازمانی به عنوان اولویت اول نگاه شده

است، در این کتاب تصمیم بر آن شده است که به معرفی توسعه شایستگی فردی سازمانی در کنار

توجه به رویکردهای سازمان های کارآمد همچون ناسا پرداخته شود.

اگر بخواهیم تعریفی از شایستگی داشته باشیم ، این مفهوم به ویژگی و مشخصه هایی که

فرد از آن بهره مند است، برمی‌گردد که با تکیه پیوسته به آن ها به سطح مطلوب دست

پیدا می کند به نحوی که در رفتار فرد نشان داده می شود و منجر به تعالی خدمت دهی

فرد به سازمان می گردد. برخی از این ویژگی ها عبارتند از: تفکر استراتژیک، تفکر خلاق،

تفکر تحلیلی و انتقادی، حل مسئله، تصمیم گیری، شیوه اندیشیدن ، برقراری ارتباط مؤثر،

تیم سازی، خودآگاهی، شم تجاری، مشتری مداری، صداقت و درستی حرفه ای، مسئولیت

پذیری، اعتماد به نفس و ...

در این کتاب روشی کاربردی و گام به گام برای تدوین یک برنامه‌ی مشخص برای توسعه‌ی

شایستگی‌های مدنظر سازمان و البته همسو با علایق فردی مخاطبین، طراحی و تدوین شده

است. چیزی که در طول سابقه فعالیت حرفه‌ای خود در هنگام مواجهه با سازمان‌ها، به

عنوان مشاور و منتور توسعه و تحول سازمانی یافتیم و تلاش نمودیم تا در حد بضاعت و توان

در قالب کتاب آن را تقدیم شما نماییم.

در روش ارائه شده ۹ گام پیشنهاد شده که با رعایت انجام صحیح هر گام در پایان می‌توان

به برنامه‌ی مشخص و شفاف‌ی برای ورود به بحث توسعه‌ی شایستگی مدیران و افراد کلیدی

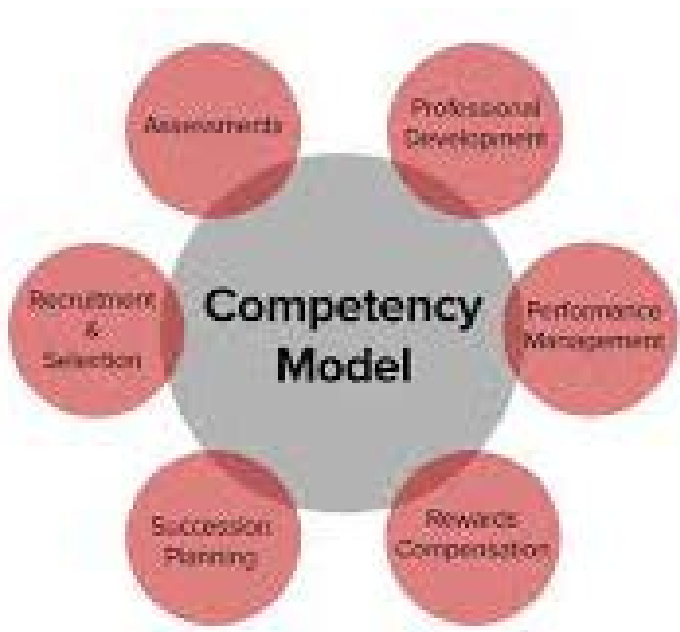
یک سازمان رسید. البته نقش و جایگاه شخص مخاطب، مافوق، مشاور یا منتور و میزان

همکاری بین آنها نیز ارائه شده است. درست است که سخت‌کوشی، جدیت و همت عالی

لازمه‌ی هر کاری است اما میزان کیفیت و موثر واقع شدن آن ریشه در دیدگاه و روش‌های

برخورد با مسائلی دارد که نمی‌تواند ناشی از تجربه و توان یک یا چند نفر باشد بلکه ناشی

از کار و تجربه‌های جمعی از انسان‌هاست.



این ۹ گام که با همکاری سازمانی قابل اجرا است، عبارتند از:

• گام اول: شناخت اولیه

• گام دوم: تشخیص مسیر اصلی

• گام سوم: شناخت کار و سازمان

• گام چهارم: شناخت انتظارات شرکت یا سازمان از من

• گام پنجم: تدوین چشم انداز آرمانی شخصی

• گام ششم: شناخت خود

• گام هفتم: تحلیل شکاف بین وضعیت موجود و مطلوب و فکر کردن به راه

حل های اساسی برای هدف گذاری

• گام هشتم: حوزه های قابل بهبود

• گام نهم: تدوین برنامه اصلی

راهنمای گام به گام تدوین برنامه‌ی توسعه‌ی شایستگی‌ها در سازمان برگرفته از کار و

تجربه‌های جمعی است و دیدگاه‌های پایه‌ای آن ماحصل بررسی و مطالعه‌ی بیش از ۴۰۰

شرکت ایرانی و نظرات و پیشنهادات جمعی از خبرگان حوزه‌ی رشد توسعه‌ی سازمانی است.

در این راستا سه رویکرد اصلی در طراحی این کتاب مورد توجه قرار گرفته است که شامل

موارد زیر است:

• سازمان می‌خواهد برنامه‌ای را برای توسعه‌ی شایستگی‌های مدیران و افراد

کلیدی خود تهیه کند

• مدیر یا نامزد برنامه‌ی توسعه‌ی شایستگی با شناسایی دانش، مهارت‌ها و

توانایی‌های جدید و همچنین شایستگی‌های مورد نیاز برای رسیدن به اهداف تعیین شده

آتی، مسیر توسعه‌ای را متوقف ننموده و ادامه دهد.

• برنامه‌ی توسعه شایستگی‌های تدوین شده برای فرد، از ماموریت و

استراتژی‌های سازمان و نیازهای سازمانی پشتیبانی کند.



سیر تحول سیاستگذاری عمومی کشور در زمینه ارتقای انرژی‌های

نویسنده: عمران محمدی

وکیل پایه یک، فوق لیسانس حقوق تجارت بین

الملل و مشاور حقوقی شرکتهای دانش بنیان

ایمیل: gmail.com@mohamadi.omran



چکیده

بعد از آغاز بحران مصرف برق در کشور و آغاز قطعی های مکرر برق و ظاهر ماندگار آن، توجه به استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور بیش از پیش افزایش یافته است به گونه ای که هر روز اخباری از توسعه پنل های خورشیدی در ارگانهای دولتی و تصمیمات جدید برای ارتقای استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر به گوش می‌رسد. در این مطلب در صدد هستیم که بدانیم این تصمیمات بر مبنای چه سیاست یا سیاست هایی و بر مبنای چه قوانینی و از مجرای چه نهادی اتخاذ می‌شوند.

یک- تاریخچه تقنینی در این حوزه

اولین قانونگذاری به ظاهر جدی در ایران در زمینه ارتقای انرژی های تجدیدپذیر به قانون برنامه چهارم توسعه (۱۳۸۴-۱۳۸۸) برمیگردد. در این قانون دولت موظف شده بود که "منابع لازم جهت اجرای بخش انرژیهای نو موضوع ماده(۶۲) قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت مصوب ۱۳۸۰.۱۱.۲۷ را از محل بند(الف) ماده (۳) برنامه تأمین نماید."

به بیان ساده تر، قرار بر این بود که بخشی از درآمدهای نفتی کشور به ارتقای انرژی های نو تخصیص یابد. طبق ماده ۶۲ قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت که در متن فوق به آن اشاره شده است، وزارت نیرو مکلف شده بود که برق تولیدی این نیروگاهها را با قیمت تضمینی خریداری کند. در این ماده حتی قیمت خرید تضمینی برق حاصل از انرژی های نو هم مشخص شده بود؛ به ازاء هر کیلو وات ساعت برای ساعات اوج و عادی حداقل ششصد و پنجاه (۶۵۰) ریال و برای ساعات کم‌باری حداقل چهارصد و پنجاه (۴۵۰) ریال (حداکثر چهار ساعت در شبانه‌روز) در محل تولید.

قبل از تصویب قانون برنامه چهارم، سازمانی با عنوان سازمان انرژیهای نو ایران (سانا) و سازمان بهره وری انرژی ایران به صورت شرکت دولتی و با سرمایه‌گذاری شرکتهای دولتی با اجازه هیئت وزیران توسط وزارت نیرو تاسیس شده بود. این سازمان های متولی انرژی های نو در ایران، در سال ۱۳۹۵ با تصویب قانون اساسنامه سازمان انرژی های تجدیدپذیر و بهره وری انرژی برق (ساتبا) به یک سازمان تبدیل شدند.

طبق ماده یک از قانون اساسنامه این سازمان، هدف از تاسیس آن عبارت است از "ارتقای بهره وری انرژی و استفاده هرچه بیشتر از منابع تجدیدپذیر و پاک از طریق فراهم نمودن زیرساخت های لازم در کشور و افزایش بهره وری عرضه انرژی و کاهش تلفات انتقال، توزیع و مصرف انرژی در کشور و استفاده از روشهای تولید برق تجدیدپذیر و پاک."

از زمان تصویب این قانون، ساتبا از قالب یک شرکت دولتی به صورت مؤسسه دولتی وابسته به وزارت نیرو درآمد که وزارت نیرو از طریق این سازمان اقدام به خرید تضمینی برق می نماید.

گرچه مشخص است که قبل از تصویب قانون برنامه چهارم، سانا مشغول انجام امور تحقیقاتی و اجرای برخی پروژه های پایلوت در این زمینه بود اما وجود ماده(۶۲) قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت که قیمت خرید تضمینی برق را مشخص کرده بود، اجازه فعالیتهای چندان وسیع توسط بخش خصوصی در این زمینه را نمی داد (همان چالش همیشگی قیمتگذاری دستوری).

می توان گفت که بر همه واضح است که قانون نهادی نیست که بتوان آنرا روزمره به روزرسانی کرد. برخی از مهمترین قوانینی که بنای تجارت کشور بر آنها استوار است تا صد سال قدمت دارند. در زمینه موضوع انرژی های تجدیدپذیر که نیاز به چابکی دارد، قانونگذار سریعاً به این امر واقف شد و رویه تعیین قیمت براساس قانون در سال ۱۳۸۹ با تصویب قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی تغییر کرد. وفق تبصره یک از ماده ۶۱ این قانون: "قیمت و شرایط خرید برق تولیدی از منابع تجدیدپذیر به پیشنهاد وزارت نیرو و تصویب هیأت وزیران تعیین می‌شود."

ماده ۶۱ قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی در این زمینه بسیار مهم است. این ماده و آیین نامه اجرایی آن، از مهمترین مقررات در زمینه ارتقای انرژی های تجدیدپذیر هستند که هم انواع منابع تجدیدپذیر و هم نوع همکاری با نیروگاههای خصوصی را مشخص می کنند. وفق ماده ۶۱: "وزارت نیرو موظف است به‌منظور حمایت از گسترش استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی، شامل انرژیهای بادی، خورشیدی، زمین‌گرمایی، آبی‌کوچک (تا ده مگاوات)، دریایی و زیست‌توده (مشمطل بر ضایعات و زائدات کشاورزی، جنگلی، زیاله‌ها و فاضلاب شهری، صنعتی، دامی، بیوگاز و بیومس) و با هدف تسهیل و تجمیع این امور، از طریق سازمان ذی‌ربط نسبت به عقد قرارداد بلند مدت خرید تضمینی از تولیدکنندگان غیردولتی برق از منابع تجدیدپذیر اقدام نماید."

میز آب، محیط زیست و انرژی

«تحول تقنینی و فرصت‌های دانش‌بنیان در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر ایران»



سازمان ذی ربط مندرج در این ماده، همان ساتبا است. در صورتیکه قصد ورود به تجارت انرژی های تجدیدپذیر را دارید، ماده ۶۱ و آیین نامه اجرایی آن با عنوان آیین نامه اجرایی ماده ۶۱ قانون اصلاح الگوی مصرف، راهنمای انتخاب محصول و مرادده با ساتبا است.

لازم به ذکر است منابع تامین مالی این طرح ها در قوانین متعددی تعریف شده اند که از درآمدهای نفت در قانون برنامه چهارم تا قانون هدفمند کردن یارانه ها و قانون اصلاح الگوی مصرف را شامل می شود. نوع تخصیص منابع در طرحهای مختلف ارتباطی با نوع قراردادی که با ساتبا منعقد می شود نداشته و این قراردادها در همان آیین نامه اجرایی ماده ۶۱ قانون اصلاح الگوی مصرف تعریف شده است. در خصوص ابعاد فنی نیز باید دانست که آیین نامه ها و دستورالعمل های متعددی درباره شرایط فنی نیروگاهها وجود دارد که باید رعایت شوند.

دو- دانش بنیان ها و انرژی های تجدیدپذیر

خوشبختانه در حوزه انرژی های تجدیدپذیر، صنعت دانش بنیان کشور توجه ویژه ای به خود جلب کرده است. ماده ۱۶ قانون جهش تولید دانش بنیان تماما به این موضوع اختصاص دارد. از آنجا که این ماده یکی از طولانی ترین مواد این قانون است از درج کامل آن خودداری می گردد اما از خوانندگان تقاضای می شود این ماده را مطالعه کنند.

در ماده ۱۶ قانون جهش تولید دانش بنیان هم به ارتقای تولید پرداخته شده است و هم به ارتقای زیرساختهای تولید انرژی های تجدیدپذیر؛ از جمله "آزمایشگاهها، شرکتهای دانش بنیان و شتاب دهنده ها و سایر موارد مرتبط با توسعه برق".

این ماده یک آیین نامه اجرایی نیز به خود اختصاص داده است با عنوان آیین نامه اجرایی ماده ۱۶ قانون جهش تولید دانش بنیان. در این آیین نامه با الهام از ماده ۱۶ قانون، تمرکز بر توسعه زیرساخت مورد نیاز انرژی هایی تجدیدپذیر از طریق استفاده از دانش فنی متخصصان کشور است. به بیان دیگر، با توجه به اینکه ورود به این حوزه نیازمند هزینه بسیار زیاد است که معمولا از دسترس شرکتهای دانش بنیان خارج است، صنایع با قدرت مصرف بیشتر از یک مگاوات موظف شده اند معادل یک درصد (۱٪) از برق مورد نیاز سالانه خود را از طریق احداث نیروگاههای تجدیدپذیر تامین نمایند. یعنی این صنایع باید اقدام به احداث نیروگاه های تجدیدپذیر نمایند. واضح است که احداث نیروگاه تجدیدپذیر صرفا با صرف هزینه به سرانجام نمی رسد بلکه این دانش فنی آن است که ارزش حیاتی دارد. اینجاست که قانون و آیین نامه مذکور درصدد استفاده از دانش فنی متخصصان و جهت دهی به دانش بنیان های کشور برای ورود به تولید انرژی های تجدیدپذیر است. در صورتیکه شرکتی بتواند قسمتی از تجهیزات یا قطعات این نیروگاهها را تامین کند یا به توسعه بازار و یا بهینه سازی مصرف کمک کند، علاوه بر اینکه خود می تواند از مزایای دانش بنیان بهره مند شود می تواند با رفع نیاز واحدهای صنعتی با قدرت مصرف بالا، وارد چرخه انرژی های تجدیدپذیر گردد.

به عبارت دیگر، ایجاد یا توسعه محصول دانش بنیان در زمینه انرژی های تجدیدپذیر از طریق رفع نیاز واحدهای صنعتی با قدرت مصرف بالا جهت احداث نیروگاههای تجدیدپذیر میسر است. دو مسیر برای این مقصود در آیین نامه ترسیم شده اند؛ شرکت دانش بنیان با واحد صنعتی با قدرت مصرف بالا برای رفع نیاز آن واحد به ایجاد نیروگاه تجدیدپذیر وارد مرادده شود و دانش یا قطعات و محصولات مورد نیاز برای ایجاد نیروگاه را به آنها ارائه دهد، یا اینکه تولیدکننده خصوصی یا دانش بنیان بتواند برق مورد نیاز واحد صنعتی را از منابع تجدیدپذیر تولید کرده و به واحد صنعتی بفروشد. هر دو مورد از حمایت های قانونی خاصی برخوردارند و زمینه ورود برق تولیدی هر دو شیوه به شبکه برقی کشور در آیین نامه تعبیه شده است.



شیرین سازی آب به روش تقطیر غشایی: چالش‌ها و آینده‌پیشرو



نویسنده: علی کاظمی

۱. فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی اصفهان

مدیر عامل شرکت الوند پالایش پارسه

ایمیل: info@alvandpalayesh.ir

چکیده

با شدت گرفتن بحران آب در بسیاری از مناطق کشور و ناکارآمدی برخی روش‌های متداول شیرین‌سازی در شرایط خاص، استفاده از فناوری‌های نوین با مصرف انرژی پایین و بازدهی بالا در دستور کار شرکت‌های فناور قرار گرفته است. در این میان، تقطیر غشایی به عنوان روشی نوظهور که ترکیبی از فرآیندهای حرارتی و غشایی را ارائه می‌دهد، توجه بسیاری از پژوهشگران و صنعتگران را به خود جلب کرده است. این فناوری به دلیل انرژی حرارتی سطح پایین و قابلیت حذف کامل نمک، یکی از گزینه‌های امیدوارکننده در نمک‌زدایی از آب‌های TDS بالا و پساب‌های صنعتی تلقی می‌شود.

شرکت الوند پالایش پارسه، با تکیه بر توانمندی‌های داخلی، پروژه‌ای دانش‌بنیان را در زمینه بومی‌سازی و توسعه فناوری تقطیر غشایی آغاز کرده است. در این پروژه، طراحی مفهومی، ساخت پیلوت و تست عملیاتی سامانه با بهره‌گیری از غشای پلیمری تولید داخل انجام شده است. غشای مورد استفاده با فرمولاسیون اختصاصی در واحد تحقیق و توسعه شرکت تهیه شده و ویژگی‌هایی همچون آب‌گریزی، پایداری دمایی و ساختار منافذ یکنواخت را داراست. سامانه طراحی‌شده، شامل ماژول‌های غشایی، واحد پیش گرمایش و مدار گردش سیال است که برای استفاده از منابع گرمایی اتلافی با انرژی خورشیدی نیز بهینه‌سازی شده‌است.

نتایج حاصل از تست‌های عملکردی نشان می‌دهد که این سامانه قادر است با مصرف انرژی کم جهت تأمین حرارت، راندمانی بالاتر از ۹۸٪ در حذف نمک داشته باشد و در شرایط صنعتی نیز پایداری عملیاتی مناسبی ارائه دهد. همچنین هزینه‌های بهره‌برداری پایین‌تر، عدم نیاز به مواد شیمیایی خاص، و امکان استفاده در مناطقی که اسمز معکوس ناکارآمد است، از جمله مزایای رقابتی این فناوری محسوب‌می‌شود.

پیشرفت‌های حاصل‌شده در این پروژه، مسیر تجاری‌سازی این فناوری را در کشور هموار ساخته است. با توجه به ظرفیت تولید داخلی غشا، شناخت دقیق بازار و فراهم بودن زیرساخت‌های فناورانه، شرکت الوند پالایش پارسه در آستانه ورود به فاز صنعتی‌سازی و عرضه محصول قرار دارد.

مقدمه

بحران جهانی آب در دهه‌های اخیر به یکی از مهم‌ترین چالش‌های قرن تبدیل شده است و کشورهای نظیر ایران با اقلیم خشک و نیمه‌خشک، در خط مقدم این بحران قرار دارند. کاهش منابع آب تجدیدپذیر، آلودگی منابع سطحی و زیرزمینی، و رشد سریع جمعیت شهری، نیاز به فناوری‌های نوین برای تصفیه و نمک‌زدایی را دوچندان کرده است. در سال‌های اخیر، استفاده از آب‌های غیرمتعارف مانند آب دریا، زه‌آب کشاورزی و پساب‌های صنعتی به عنوان منابع جایگزین، به‌ویژه در مناطق ساحلی و صنعتی، مورد توجه سیاست‌گذاران و صنعتگران قرار گرفته است.

در این راستا، فناوری‌های نمک‌زدایی مرسوم مانند اسمز معکوس (RO) و تقطیر حرارتی، علیرغم گستردگی استفاده، با محدودیت‌های فنی و اقتصادی روبه‌رو هستند؛ از جمله نیاز به انرژی با کیفیت بالا، حساسیت شدید به کیفیت آب ورودی، تشکیل رسوب و گرفتگی غشا، هزینه‌های عملیاتی بالا و تولید پساب با TDS زیاد. تقطیر غشایی (Membrane Distillation) به عنوان یک فناوری هیبریدی با سازوکار ترکیبی انتقال حرارتی و غشایی، راه‌حلی مؤثر برای عبور از این محدودیت‌ها ارائه می‌دهد. در این فناوری، اختلاف فشار بخار اشباع میان دو سمت یک غشای آب‌گریز، نیروی محرکه‌ی عبور بخار از میان غشا و میعان آن در سمت دیگر را فراهم می‌سازد، بدون آنکه عبور مستقیم مایع اتفاق بیفتد.

شرکت الوند پالایش پارسه، با هدف توسعه و بومی‌سازی این فناوری، اقدام به طراحی، ساخت، آزمایش و بهینه‌سازی پیلوت تقطیر غشایی در مقیاس صنعتی کرده است. نکته‌ی متمایز در این پروژه، استفاده از غشاهای پلیمری تولید داخل با فرمولاسیون اختصاصی و طراحی ماژول‌های حرارتی-غشایی سازگار با منابع انرژی کم‌درجه است. این مقاله با هدف تبیین ابعاد فنی و صنعتی این پروژه، به بررسی تجربی شرکت در مسیر توسعه‌ی فناوری، نتایج حاصل از تست‌های عملیاتی، و الزامات اجرایی برای تجاری‌سازی موفق این روش در ایران می‌پردازد.

پیشینهٔ پژوهش

در سال‌های اخیر، فناوری تقطیر غشایی (MD) به دلیل مزایای منحصربه‌فرد خود، توجه فزاینده‌ای در حوزه‌های تحقیقاتی و صنعتی به خود جلب کرده است. اولین مطالعات علمی در این زمینه به دهه ۱۹۶۰ میلادی بازمی‌گردد، اما توسعه عملیاتی این فناوری تا دو دهه اخیر محدود بود. با رشد نیاز به روش‌های نمک‌زدایی پایدار و بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر، مطالعات دانشگاهی و صنعتی در خصوص انواع پیکربندی‌های MD، عملکرد غشاه‌ا، و تحلیل‌های حرارتی و اقتصادی آن گسترش یافت.^[۱]

پژوهشگران مختلف انواع پیکربندی‌های این فناوری از جمله تقطیر غشایی تماس مستقیم (DCMD)، تقطیر غشایی با فاصله هوایی (AGMD)، تقطیر غشایی خلأ (VMD) و تقطیر غشایی با گاز جاروکننده (SGMD) را مورد بررسی قرار داده‌اند. در مطالعات متعددی، تأثیر دما، اختلاف فشار بخار، خصوصیات غشا، دبی جریان و جنس مدول بر شار عبوری و نرخ بازیابی آب مورد ارزیابی قرار گرفته است. به عنوان نمونه، در پژوهش‌های Zhang و همکاران [۲]، عملکرد غشاهای پلی‌وینیلیدن فلوراید (PVDF) در شرایط دمایی مختلف بررسی و بهینه‌سازی شده است. همچنین مطالعاتی همچون تحقیق El-Bourawi و همکاران [۴] به تحلیل تئوریک و تجربی پارامترهای مؤثر در فرآیند MD پرداختند. این مطالعات نشان می‌دهند که انتخاب صحیح نوع غشا و طراحی بهینه‌ی حرارتی مدول‌ها نقش کلیدی در ارتقای بازدهی فرایند دارد.

با وجود پیشرفت‌های گسترده در سطح آزمایشگاهی، هنوز چالش‌هایی در مسیر صنعتی‌سازی تقطیر غشایی باقی مانده است. از جمله این چالش‌ها می‌توان به قیمت بالای غشاهای تخصصی، ضعف در تولید صنعتی غشای آب‌گریز در برخی کشورها، انتقال حرارت ناخواسته از غشا (heat loss) و محدودیت در مقیاس‌پذیری مدول‌ها اشاره کرد. با این حال، افزایش تمایل به استفاده از انرژی‌های کم‌درجه، بهبود فرآیند تولید غشاهای میکرومتخلخل، و پیشرفت در طراحی سیستم‌های یکپارچه، زمینه‌ی مناسبی برای تجاری‌سازی این فناوری فراهم ساخته است. در این راستا، شرکت‌هایی که توانایی توسعه‌ی غشاهای کارآمد و طراحی مدول‌های صنعتی بهینه را دارند، نقش مهمی در تسریع فرایند انتقال این فناوری از آزمایشگاه به صنعت ایفا خواهند کرد.

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع کاربردی است و با هدف توسعه‌ی فناوری بومی تقطیر غشایی برای شیرین‌سازی آب‌های با TDS بالا انجام شده است. مراحل اجرای پروژه در چهار فاز اصلی تعریف شد: طراحی مفهومی و مهندسی سیستم، تولید غشای پلیمری، ساخت پیلوت صنعتی، و انجام تست‌های عملیاتی در شرایط مختلف. کلیه مراحل با رویکرد تحقیق و توسعه‌ی داخلی در واحد R&D شرکت الوند پالایش پارسه انجام گرفته و از هیچ غشای وارداتی یا طراحی آماده خارجی استفاده نشده است. در مرحله اول، طراحی مفهومی و مدل‌سازی اولیه سامانه انجام شد. پارامترهای کلیدی از جمله شار عبوری، اختلاف دمایی، نرخ انتقال جرم، و توزیع دما در مدول با استفاده از داده‌های مرجع و تجربیات پیشین تنظیم گردید. نوع فرآیند انتخابی، «تقطیر غشایی تماس مستقیم» (DCMD) بود که ساده‌ترین پیکربندی ممکن و بالاترین نرخ انتقال حرارت را داراست. سپس طراحی دقیق اجزای پیلوت شامل مبدل‌های حرارتی، پمپ‌ها، مدول غشایی، مخازن، سیستم کنترل دما و جریان انجام شد. در گام دوم، تولید غشای آب‌گریز پلیمری با ساختار میکرومتخلخل در دستور کار قرار گرفت. برای این منظور از پلیمرهای پایه مانند پلی‌وینیلیدن فلوراید (PVDF) با فرمولاسیون اختصاصی استفاده شده و فرآیند تولید از طریق روش‌های فازگذاری و خشک‌سازی کنترل‌شده صورت گرفت. ضخامت غشاه‌ا در محدوده ۸۰ تا ۱۱۰ میکرون، اندازه میانگین حفره‌ها بین ۲/۰ تا ۴/۰ میکرومتر و زاویه تماس قطرات آب بالاتر از ۱۲۰ درجه اندازه‌گیری شد که نشانگر آب‌گریزی بالا و مناسب بودن برای فرآیند MD بود. در مرحله سوم، ساخت پیلوت صنعتی در مقیاس کوچک با ظرفیت اسمی ۲۵ لیتر در ساعت انجام گرفت. این پیلوت به گونه‌ای طراحی شد که امکان تنظیم دمای خوراک، دمای آب خنک‌کننده، فشار جریان، و نرخ بازیابی فراهم باشد. سپس در مرحله پایانی، تست‌های عملیاتی در بازه‌های زمانی مختلف و تحت شرایط متغیر دمایی (۴۵ تا ۷۵ درجه سانتی‌گراد) و با خوراک‌هایی با TDS بالا ۱۰،۰۰۰ تا ۴۵،۰۰۰ (ppm) انجام شد. داده‌های به‌دست‌آمده شامل شار عبوری، بازده حذف نمک، ثبات عملکردی و تغییرات کیفی غشا در طول زمان به‌دقت ثبت و تحلیل گردید.

یافته‌های پژوهش

نتایج حاصل از اجرای پیلوت تقطیر غشایی شرکت الوند پالایش پارسه نشان می‌دهد که این فناوری در حذف نمک از آب‌های با TDS بالا بسیار مؤثر و پایدار عمل می‌کند. آزمایش‌ها تحت شرایط مختلف دمایی، فشار جریان و ترکیب خوراک انجام شد و عملکرد سیستم در ابعاد مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت. مهم‌ترین یافته‌ها به صورت کمی و کیفی قابل ارائه هستند.

در شرایط بهینه، شار عبوری بخار از غشا در محدوده‌ی ۶ تا ۱۰ لیتر بر متر مربع بر ساعت (LMH) اندازه‌گیری شد. این مقدار بسته به دمای خوراک، دمای سمت کندانسور، سرعت جریان و نوع غشای استفاده‌شده تغییر می‌کرد. بیش‌ترین شار در دمای خوراک ۷۰ درجه سانتی‌گراد و اختلاف دمایی ۳۰ درجه بین دو طرف غشا حاصل شد. نسبت بازیابی آب در این شرایط تا حدود ۸۵٪ قابل دستیابی بود. بازده حذف نمک در کلیه تست‌ها بالاتر از ۵/۹۸٪ ثبت شد و در برخی موارد به ۲/۹۹٪ نیز رسید. این اعداد نشان می‌دهند که فرآیند تقطیر غشایی نه‌تنها از نظر حذف نمک، بلکه در حذف مواد محلول غیرآلی نیز کارایی بالایی دارد.

آزمون‌های پایداری عملکرد در بازه‌ی زمانی بیش از ۱۲۰ ساعت عملکرد مداوم انجام شد. در این بازه، تغییری معنادار در خواص غشا، نرخ شار یا بازده حذف مشاهده نشد که نشان‌دهنده‌ی دوام مناسب و مقاومت خوب غشا در برابر گرفتگی و خستگی عملیاتی است. همچنین تست‌هایی با خوراک‌های دارای ترکیبات خاص مانند سیلیس، آهن، کلسیم، و منیزیم نیز انجام شد که نتایج آن نشان داد در صورت استفاده از پیش‌تصفیه‌ی ساده، تشکیل رسوب در سطح غشا به حداقل می‌رسد و شار افت محسوسی نخواهد داشت.

بررسی اقتصادی مقدماتی پروژه نیز نشان می‌دهد که با استفاده از غشاهای تولید داخل، هزینه ی تمام‌شده‌ی هر متر مکعب آب تصفیه‌شده تا ۴۰٪ کمتر از سیستم‌های مشابه خارجی خواهد بود. همچنین استفاده از انرژی اتلافی یا منابع گرمایی خورشیدی در تأمین انرژی حرارتی مورد نیاز فرآیند، سهم بالایی در کاهش هزینه‌های عملیاتی خواهد داشت. این نتایج، چشم‌انداز روشنی برای توسعه صنعتی فناوری تقطیر غشایی و جایگزینی آن با روش‌های پرهزینه‌تر در کاربردهای خاص فراهم می‌کند.

مدل تجاری‌سازی محصول

فرآیند تجاری‌سازی فناوری تقطیر غشایی در شرکت الوند پالایش پارسه بر مبنای یک رویکرد مرحله‌ای و متناسب با ظرفیت‌های داخلی شرکت، نیاز بازار، و شرایط صنعت آب کشور طراحی شده است. از مرحله ایده‌پردازی اولیه تا ساخت پیلوت و تست میدانی، مسیر توسعه‌ی فناوری با هدف نهایی‌سازی محصول برای عرضه به بازارهای صنعتی طی شده است. ارزیابی ابعاد پنج‌گانه‌ی تجاری‌سازی^[۲] این محصول نشان می‌دهد که شرایط برای ورود موفق آن به بازار فراهم شده است.

فراهم شده است.

از منظر "بازارپذیری"، محصول مورد نظر پاسخی مستقیم به نیاز صنایع بزرگ کشور در حوزه تصفیه و نمک‌زدایی آب‌های با TDS بالا است؛ به‌ویژه در صنایعی نظیر پتروشیمی، فولاد، نیروگاه‌ها و مناطق فاقد آب شیرین. ویژگی‌هایی همچون امکان استفاده از انرژی کم‌درجه، حذف کامل نمک و سازگاری با خوراک‌های متنوع، این فناوری را برای بازارهای هدف بسیار جذاب و رقابتی کرده است. با توجه به محدودیت‌های فناوری‌های متداول مانند RO در این حوزه، انتظار می‌رود که تقطیر غشایی بتواند سهم قابل توجهی از بازار نمک‌زدایی صنعتی را به خود اختصاص دهد.

در بعد "امکان‌پذیری تجاری"، هزینه تمام‌شده‌ی پایین‌تر به‌دلیل استفاده از غشای تولید داخل، طراحی ماژولار و قابل سفارشی‌سازی، و مصرف انرژی کمتر، از مزایای اقتصادی مهم این فناوری است.ر

. شرکت از ظرفیت تولید نیمه‌صنعتی غشا برخوردار بوده و توانایی توسعه‌ی آن تا مقیاس صنعتی را دارد. همچنین، مذاکرات اولیه با چند مصرف‌کننده صنعتی و مجموعه‌های فناور همکار برای تست در مقیاس عملیاتی و تولید مشترک آغاز شده است.

از نظر "ویژگی‌های فنی"، استفاده از غشای آب‌گریز پلیمری با فرمولاسیون اختصاصی، طراحی بومی مدول‌ها، قابلیت تنظیم پارامترهای عملیاتی و عملکرد پایدار در آزمایش‌های بلندمدت، همگی بیانگر سطح بالای توانمندی فنی شرکت است. این فناوری با توجه به ساختار غشا، سازوکار انتقال بخار، و طراحی حرارتی دقیق، از محصولات وارداتی مشابه متمایز بوده و قابلیت تطبیق با شرایط مختلف را داراست.

در بعد "زیرساخت‌های حمایتی"، شرکت از حمایت‌های مستقیم و غیرمستقیم شهرک علمی و تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان برخوردار است. این زیرساخت شامل فضای استقرار، دسترسی به آزمایشگاه‌ها، مشاوره‌های فنی و حقوقی، حمایت‌های پارک علم و فناوری، و تسهیل ارتباط با سایر شرکت‌های فناور و سرمایه‌گذاران می‌باشد. حضور در این زیست‌بوم نوآوری نقش مهمی در تسریع فرآیند توسعه و تجاری‌سازی پروژه ایفا کرده است.

در نهایت، در مؤلفه‌ی "رقبا"، بررسی بازار داخلی نشان می‌دهد که هنوز هیچ سامانه‌ی تقطیر غشایی بومی‌سازی‌شده‌ای در سطح صنعتی به‌طور کامل در کشور وارد بازار نشده است. اکثر رقبا به فناوری‌های سنتی مانند اسمز معکوس و تقطیر حرارتی متکی هستند. همچنین واردات سیستم‌های مشابه از کشورهای اروپایی و آسیای شرقی با چالش‌های تحریم، خدمات پس از فروش ضعیف و هزینه‌های بالا مواجه است. این شرایط، فضای رقابتی مناسبی برای عرضه‌ی محصول داخلی فراهم کرده و فرصت کم‌نظیری برای تصاحب بازار ایجاد نموده است.

ویژگی‌های فنی

فناوری تقطیر غشایی توسعه‌یافته در شرکت الوند پالایش پارسه، ترکیبی از نوآوری در طراحی سیستم، تولید غشای بومی، و بهینه‌سازی عملکرد حرارتی-غشایی است. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های این سیستم، استفاده از غشای پلیمری آب‌گریز با ساختار میکرومتخلخل است که به‌صورت اختصاصی توسط تیم تحقیق و توسعه شرکت فرمولاسیون و تولید شده است. این غشا دارای ضخامت میانگین ۹۵ میکرون، اندازه حفره بین ۲۵/۰ تا ۳۵/۰ میکرون و زاویه تماس بیش از ۱۲۰ درجه است که نشانگر خواص آب‌گریزی بالا و مقاومت دمایی مناسب آن برای کاربردهای MD می‌باشد.

ساختار مدول‌های غشایی در این سیستم به‌صورت ماژولار طراحی شده است که امکان گسترش مقیاس و تنظیم‌پذیری در شرایط عملیاتی مختلف

را فراهم می‌کند. مبدل‌های حرارتی به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که اتلاف انرژی حرارتی در فرآیند به حداقل برسد و انتقال حرارت به‌شکل کنترل‌شده انجام گیرد. همچنین سیستم پایش دمای دو سوی غشا، کنترل اختلاف دمای پهنه (بین ۲۰ تا ۳۰ درجه سلسیوس) را تضمین می‌کند که برای حفظ شار بخار بالا و پایداری عملکرد حیاتی است.

یکی دیگر از جنبه‌های فنی مهم این سیستم، "مقاومت عملکردی بالا در برابر گرفتگی و رسوب" است. با استفاده از غشاهای طراحی‌شده و مدول‌های جریان متقابل (Counter-current)، جریان یکنواختی روی سطح غشا ایجاد شده که از تجمع ذرات و بروز پلاریزاسیون حرارتی جلوگیری می‌کند. تست‌های مداوم در طول ۱۲۰ ساعت کارکرد پیوسته، نشان داد که نرخ کاهش شار کمتر از ۱۰٪ بوده و کیفیت خروجی در طول زمان بدون افت محسوس باقی مانده است.

علاوه بر این، این سامانه قابلیت استفاده از منابع حرارتی متنوع از جمله آب گرم صنعتی، بخار کم‌فشار، یا کلکتورهای خورشیدی را دارد. این ویژگی به‌طور خاص، آن را برای صنایع دارای گرمای اتلافی و مناطق فاقد برق پایدار مناسب می‌سازد. تمامی این ویژگی‌ها در کنار بومی بودن طراحی و ساخت، فناوری تقطیر غشایی شرکت الوند پالایش پارسه را به گزینه‌ای فناورانه، مقرون‌به‌صرفه و قابل اتکا برای بازار داخلی و حتی صادرات تبدیل کرده است.

شاخص های رشد

فرآیند تجاری‌سازی فناوری تقطیر غشایی در شرکت الوند پالایش پارسه، با بهره‌گیری از یک مسیر مرحله‌ای رشد یافته است که از ایده‌پردازی علمی آغاز شده و تا تولید پایلوت، آزمون عملکردی و آماده‌سازی برای تولید صنعتی ادامه یافته است. موفقیت در تولید داخلی غشای پلیمری آب‌گریز، طراحی سیستم مهندسی‌شده با قابلیت سازگاری با انرژی‌های کم‌درجه، و استقرار در شهرک علمی و تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان، از عوامل کلیدی در رشد این پروژه محسوب می‌شوند.

مهم‌ترین عامل رشد در این پروژه، دسترسی به زیرساخت‌های حمایتی بوده است که شامل فضا، خدمات آزمایشگاهی، ارتباط با شبکه‌ی نوآوری، و حمایت از تجاری‌سازی فناوری توسط مراکز علمی و صنعتی کشور می‌باشد. پس از آن، ویژگی‌های فنی ممتاز پروژه، به‌ویژه در حوزه طراحی مدول‌های حرارتی-غشایی و غشای تولید داخل، سهم بزرگی در پیشرفت فنی و متمایز ساختن محصول در بازار ایفا کرده است. از سوی دیگر، شناخت صحیح بازار، تحلیل رقبا، و ظرفیت بالای صنعت برای جذب چنین فناوری‌هایی، زمینه‌ی مناسبی برای جهش تجاری این پروژه فراهم ساخته است.

مهم‌ترین عامل رشد در این پروژه، دسترسی به زیرساخت‌های حمایتی بوده است که شامل فضا، خدمات آزمایشگاهی، ارتباط با شبکه‌ی نوآوری، و حمایت از تجاری‌سازی فناوری توسط مراکز علمی و صنعتی کشور می‌باشد. پس از آن، ویژگی‌های فنی ممتاز پروژه، به‌ویژه در حوزه طراحی مدول‌های حرارتی-غشایی و غشای تولید داخل، سهم بزرگی در پیشرفت فنی و متمایز ساختن محصول در بازار ایفا کرده است. از سوی دیگر، شناخت صحیح بازار، تحلیل رقبا، و ظرفیت بالای صنعت برای جذب چنین فناوری‌هایی، زمینه‌ی مناسبی برای جهش تجاری این پروژه فراهم ساخته است.

در جدول زیر، مهم‌ترین مؤلفه‌های مؤثر در روند تجاری‌سازی این محصول، بر اساس تحلیل داخلی شرکت و ارزیابی تجربی، به ترتیب اهمیت رتبه‌بندی شده‌اند:

جدول ۱. شاخص های رشد	
مؤلفه‌ها	رتبه
زیرساخت‌های حمایتی	۱
ویژگی‌های فنی	۲
بازارپذیری	۳
رقبا	۴
امکان‌پذیری تجاری	۵
زنجیره تأمین داخلی غشا	۶

با توجه به نبود رقیب صنعتی داخلی در این حوزه، ظرفیت بالای بازار، و زیرساخت‌های حمایتی موجود در شهرک علمی و تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان، شرایط برای ورود این فناوری به مرحله تجاری‌سازی فراهم است. با این حال، عبور از مرحله پایلوت به تولید صنعتی نیازمند سرمایه‌گذاری هدفمند، توسعه همکاری‌های بین‌بخشی با مصرف‌کنندگان صنعتی، و استمرار حمایت‌های فناورانه است. استفاده از تجربیات دانشگاهیان، شبکه آزمایشگاهی، و تسهیل در صدور مجوزهای صنعتی می‌تواند مسیر عرضه این فناوری به بازار را هموارتر کند. انتظار می‌رود که با تحقق این الزامات، شرکت الوند پالایش پارسه بتواند در آینده‌ای نزدیک، به‌عنوان یکی از بازیگران اصلی حوزه فک‌زدایی حرارتی غشایی در کشور و حتی در سطح منطقه ظاهر شود.

منابع

- عباسی، یوسف؛ و همکاران. (۱۳۹۷).تحلیل فنی و اقتصادی استفاده از تقطیر غشایی در تصفیه آب شور. فصلنامه مهندسی آب و فاضلاب ایران، ۴(۴)، ۲۵–۳۶.

- بندریان، رضا(۱۳۸۸). بازاریابی و تجاری‌سازی فناوری‌های جدید: مراحل، عوامل تسهیل‌کننده و کلید موفقیت. فصلنامه تخصصی رشد فناوری، ۵(۱۹)، ۳۹–۴۵.

- Performance of PVDF membranes in direct contact membrane distillation at different operating temperatures. Desalination, ۴۷۶, ۱۱۴۲۰۳. Zhang, J., Dow, N., & Duke, M. (۲۰۲۰).

- El-Bourawi, M. S., Ding, Z., Ma, R., & Khayet, M. (۲۰۰۶). A framework for better understanding membrane distillation separation process. Journal of Membrane Science, ۲۸۵(۲-۱), ۴-۲۹.



انرژی، محیط زیست و راهکارهای تامین پایدار انرژی



میثمصادقی

۱. کارشناسی ارشد مهندسی انرژی. مدیرعامل شرکت فراسو سپهر آریا (فراسا)

رایانامه: info@farasa-co.com

چکیده

پژوهش حاضر با تمرکز بر چالش‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف منابع انرژی فسیلی و ناکارآمدی در مصرف انرژی در ایران، به بررسی جامع منابع انرژی تجدیدپذیر و غیرفسیلی، تحلیل اثرات زیست‌محیطی آن‌ها و شناسایی راهکارهای تحقق تأمین پایدار انرژی پرداخته است. در این راستا، ابتدا با مرور وضعیت مصرف و تولید انرژی در جهان و ایران، روند رو به رشد تقاضای انرژی، سهم بالای منابع آلاینده در سبد مصرف، و موانع توسعه انرژی‌های پاک بررسی شد. سپس، انواع منابع تجدیدپذیر مانند خورشیدی، بادی، برق‌آبی، زمین‌گرمایی، امواج، زیست‌توده، هیدروژن و انرژی جزر و مد از منظر بازدهی، آثار محیط‌زیستی، چالش‌های فنی و اقتصادی و قابلیت توسعه در کشور مورد ارزیابی قرار گرفتند. همچنین با استناد به شاخص‌های انتشار کربن دی‌اکسید به ازای هر کیلووات ساعت تولید برق، مقایسه‌ای کمی میان منابع مختلف انرژی انجام شد. در بخش دوم پژوهش، عملکرد فناوری بومی‌سازی‌شده شرکت فراسو سپهر آریا (فراسا) در زمینه تولید صفحات جذب خورشیدی بررسی گردید. این فناوری که مبتنی بر پوشش نیکل-فسفر با ضریب جذب بالا و مقاومت حرارتی و خوردگی مناسب است، از طریق آزمون‌های طیف‌سنجی UV-Vis، میکروسکوپ الکترونی، و تست‌های میدانی کلکتورهای خورشیدی ارزیابی شد. نتایج نشان داد که صفحات تولیدی فراسا از نظر عملکرد حرارتی، دوام پوشش و میزان جذب انرژی با نمونه‌های بین‌المللی قابل رقابت هستند و پتانسیل بالایی برای بومی‌سازی گسترده و جایگزینی واردات دارند. این مطالعه با تأکید بر ضرورت اصلاح سیاست‌های یارانه‌ای، حمایت از صنایع دانش‌بنیان، و ارتقاء بهره‌وری مصرف، نتیجه می‌گیرد که گذار به الگوی پایدار انرژی در ایران نه تنها امکان‌پذیر، بلکه با تکیه بر فناوری‌های داخلی و ظرفیت اقلیمی کشور، امری ضروری و راهبردی است. همچنین، توسعه هوشمندانه انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند هم‌زمان منجر به کاهش آلودگی، افزایش امنیت انرژی و

مقدمه

انرژی به‌عنوان نیروی محرکه توسعه اقتصادی، اجتماعی، و صنعتی، در قلب چالش‌های زیست‌محیطی قرن بیست‌ویکم قرار دارد. افزایش تقاضای انرژی به دلیل رشد جمعیت، صنعتی‌سازی، و گسترش فناوری‌های دیجیتال، همراه با اثرات مخرب سوخت‌های فسیلی بر محیط زیست، نیاز به راهکارهای پایدار را به یک اولویت جهانی تبدیل کرده است (بریمانی و کعبی نژادیان، ۱۳۹۳). انرژی به توانایی انجام کار یا ایجاد تغییر در یک سیستم فیزیکی تعریف می‌شود و در اشکال مختلفی مانند انرژی جنبشی، پتانسیل، حرارتی، شیمیایی، و الکتریکی بروز می‌یابد (IEA، ۲۰۲۳). منابع انرژی به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند: فسیلی (نفت، گاز طبیعی، زغال‌سنگ) و غیرفسیلی (تجدیدپذیر شامل خورشیدی، بادی، برق‌آبی، زیست‌توده، زمین‌گرمایی، و هسته‌ای) (احمدپور، ۱۳۹۲).

سوخت‌های فسیلی در سال ۲۰۲۳ حدود ۸۰ درصد از مصرف انرژی جهانی را تأمین کردند، اما انتشار گازهای گلخانه‌ای، آلودگی هوا، و محدودیت منابع آن‌ها، ضرورت گذار به منابع پاک‌تر را آشکار کرده است (IEA، ۲۰۲۳). مصرف جهانی انرژی در سال ۲۰۲۳ معادل ۱۰ میلیارد تن نفت خام بود و پیش‌بینی می‌شود با نرخ رشد سالانه ۱٫۵ درصد، تا سال ۲۰۳۰ به ۱۲ میلیارد تن افزایش یابد (دنیای اقتصاد، ۱۴۰۲). این افزایش تقاضا با رشد ۳۱ درصدی غلظت دی‌اکسید کربن (CO۲) در جو زمین از سال ۱۸۰۰ همراه بوده که منجر به گرمایش زمین، ذوب یخ‌های قطبی، و افزایش رویدادهای آب‌وهوایی شدید شده است.

ایران، به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان نفت و گاز جهان، وابستگی شدیدی به سوخت‌های فسیلی دارد. در سال ۲۰۲۳، مصرف انرژی کشور معادل ۳٫۶ میلیون بشکه نفت خام در روز بود که ۱٫۸ درصد از مصرف جهانی را تشکیل می‌داد (ایرنا، ۱۴۰۲). شدت مصرف انرژی ایران (نسبت انرژی مصرفی به تولید ناخالص داخلی) ۸٫۸ برابر ژاپن و ۴٫۷ برابر ترکیه است، که نشان‌دهنده ناکارآمدی در بهره‌وری انرژی به دلیل یارانه‌های گسترده سوخت، زیرساخت‌های فرسوده، و نبود فرهنگ صرفه‌جویی است (رادپو فردا، ۱۴۰۲). مصرف بالای گاز طبیعی در بخش‌های خانگی، صنعتی، و نیروگاهی، همراه با ناترازی تولید و مصرف، منجر به قطعی‌های مکرر برق و گاز در فصول سرد شده است (روزنامه شرق، ۱۴۰۲).

در مقابل، انرژی‌های تجدیدپذیر در سال ۲۰۱۷ حدود ۱۹٫۳ درصد از مصرف انرژی جهانی و ۲۴٫۵ درصد از تولید برق را تأمین کردند (REN۲۱، ۲۰۱۷). کشورهایی مانند ایسلند و نروژ با تکیه بر برق‌آبی و زمین‌گرمایی، ۱۰۰ درصد برق خود را از منابع تجدیدپذیر تولید می‌کنند، در حالی که ایتالیا در سال ۲۰۱۵، ۷٫۷ درصد از برق خود را از انرژی خورشیدی تأمین کرد (IRENA، ۲۰۲۳). ایران، با وجود پتانسیل بالای خورشیدی (بیش از ۳۰۰ روز آفتابی در سال) و بادی (مناطق بادخیز مانند سیستان و بلوچستان)، در سال ۲۰۲۳ تنها ۱ درصد از برق خود را از منابع تجدیدپذیر تولید کرد (ایرنا، ۱۴۰۲). موانعی مانند هزینه‌های اولیه بالا، کمبود زیرساخت‌ها، و اولویت‌بندی سوخت‌های فسیلی، توسعه این بخش را محدود کرده است.

پیشینهٔ پژوهش

جهان و ایران در دهه‌های اخیر اقدامات متعددی برای مقابله با اثرات زیست‌محیطی سوخت‌های فسیلی و رفع کمبود انرژی انجام داده‌اند. در سطح جهانی، توافق پاریس در سال ۲۰۱۵ چارچوبی بین‌المللی برای محدود کردن افزایش دمای جهانی به کمتر از ۲ درجه سانتی‌گراد ایجاد کرد، که کشورها را به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و افزایش سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر ملزم نمود (UNFCCC، ۲۰۱۵). این توافق منجر به رشد چشمگیر ظرفیت انرژی‌های تجدیدپذیر شد، به‌طوری که ظرفیت جهانی برق بادی در سال ۲۰۱۹ به ۶۲۳ گیگاوات رسید و سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر در سال ۲۰۲۲ به ۴۹۵ میلیارد دلار افزایش یافت (IRENA، ۲۰۲۳). فناوری‌های نوین مانند جذب و ذخیره کربن (CCS) برای کاهش انتشار CO از نیروگاه‌های زغال‌سنگی و مدیریت پیشرفته پسماندهای هسته‌ای برای افزایش ایمنی انرژی هسته‌ای توسعه یافته‌اند (امپری و همکاران، ۱۳۹۲).

کشورهای پیشرو مانند آلمان و سوئد با اجرای سیاست‌های تشویقی مانند یارانه‌های سبز، مالیات کربن، و استانداردهای سختگیرانه زیست‌محیطی، مصرف انرژی پاک را به‌طور قابل‌توجهی افزایش داده‌اند. به‌عنوان مثال، آلمان در سال ۲۰۲۲، ۴۶ درصد از برق خود را از منابع تجدیدپذیر تأمین کرد (IRENA، ۲۰۲۳). برنامه‌های آموزش عمومی و ابتکارات محلی مانند شهرهای بدون کربن نیز در کاهش مصرف انرژی فسیلی مؤثر بوده‌اند. علاوه بر این، پیشرفت در فناوری‌های ذخیره‌سازی انرژی، مانند باتری‌های لیتیوم-یون و سیستم‌های پمپاژ آب، پایداری منابع تجدیدپذیر را بهبود بخشیده است.

در ایران، دولت برنامه‌های متعددی برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر تدوین کرده است. وزارت نیرو با ارائه وام‌های بلندمدت، قراردادهای خرید تضمینی برق با نرخ‌های تشویقی، و معافیت‌های مالیاتی، سرمایه‌گذاری در بخش‌های خورشیدی و بادی را ترویج کرده است (ساتبا، ۱۴۰۳؛ وزارت نیرو، ۱۳۹۵). پروژه‌های نیروگاه‌های خورشیدی در استان‌های یزد و کرمان و نیروگاه‌های بادی در منجیل و خواف نمونه‌هایی از این تلاش‌ها هستند. با این حال، مصرف بالای سوخت‌های فسیلی، که ۴ برابر میانگین جهانی است، و ناترازی انرژی همچنان چالش‌های اصلی باقی مانده‌اند (محسنی و غلامی، ۱۴۰۰؛ حسینی و طاهری، ۱۳۹۹). یارانه‌های سنگین سوخت، که قیمت انرژی را به‌طور مصنوعی پایین نگه می‌دارد، انگیزه سرمایه‌گذاری در منابع تجدیدپذیر را کاهش داده است.

طرح‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی، مانند استانداردسازی عایق‌کاری ساختمان‌ها، استفاده از لامپ‌های LED، و ارتقای تجهیزات صنعتی، در برخی مناطق اجرا شده‌اند، اما مقیاس محدود و کمبود بودجه، اثربخشی آن‌ها را کاهش داده است (ایسنا، ۱۴۰۱). برنامه‌های آموزشی برای ترویج فرهنگ صرفه‌جویی در انرژی نیز آغاز شده، اما به دلیل فقدان هماهنگی بین نهادها و ضعف در اطلاع‌رسانی، تأثیر محدودی داشته‌اند. این اقدامات نشان‌دهنده تلاش‌های جهانی و داخلی برای گذار به انرژی پایدار هستند، اما موانع اقتصادی، زیرساختی، و فرهنگی همچنان مانع پیشرفت سریع در این حوزه می‌شوند.

روش‌های تولید انرژی و اثرات زیست‌محیطی آن‌ها

تأمین پایدار انرژی نیازمند استفاده از منابع مختلفی است که ضمن تأمین نیازهای مصرفی، کمترین تأثیرات زیست‌محیطی را داشته باشند. انرژی‌ها را می‌توان به دو دسته کلی تقسیم کرد: انرژی‌های تجدیدپذیر و انرژی‌های تجدیدناپذیر.

انرژی‌های تجدیدپذیر، منابعی هستند که به طور طبیعی و با بازه‌های زمانی کوتاه مجدداً تولید می‌شوند و از نظر محیط‌زیستی پاک‌تر به شمار می‌آیند. نمونه‌هایی از این انرژی‌ها شامل انرژی خورشیدی، بادی، برق‌آبی، زمین‌گرمایی، امواج دریا، بیومس، سوخت هیدروژنی و جزر و مد می‌باشند.

انرژی خورشیدی از طریق پنل‌های فتوولتائیک یا سیستم‌های حرارتی، نور خورشید را به برق یا گرما تبدیل می‌کند و به دلیل عدم تولید گازهای گلخانه‌ای و انعطاف‌پذیری در مقیاس‌های کوچک و بزرگ، یکی از پایداترین منابع انرژی محسوب می‌شود (موحد و همکاران، ۱۳۹۳). کاهش هزینه‌های تولید پنل‌های خورشیدی در دهه گذشته، این فناوری را به گزینه‌ای رقابتی تبدیل نموده است. با این حال، هزینه‌های اولیه نصب، نیاز به فضای گسترده برای نیروگاه‌های بزرگ، و وابستگی به شرایط آب‌وهوایی، توسعه آن را محدود کرده‌اند. تولید پنل‌های خورشیدی نیازمند موادی مانند سیلیکون و فلزات کمیاب است که استخراج و فرآوری آن‌ها می‌تواند منجر به آلودگی خاک و آب شود، مگر اینکه با مدیریت صحیح پسماند همراه باشد (شصتی و فرزانه، ۱۴۰۱).

انرژی بادی با استفاده از توربین‌ها، انرژی جنبشی باد را به برق تبدیل می‌کند و به دلیل انتشار نزدیک به صفر CO۲ و هزینه‌های عملیاتی پایین در بلندمدت، در مناطقی با باد مناسب مانند سواحل و دشت‌های باز بسیار کارآمد است (خالقی و زمانی‌افشار، ۱۴۰۲). ظرفیت جهانی انرژی بادی در سال ۲۰۲۲ به ۸۳۷ گیگاوات رسید که نشان‌دهنده رشد سریع این صنعت است. با این حال، نصب توربین‌ها می‌تواند زیستگاه پرندگان و خفاش‌ها را مختل کرده و سر و صدای ناشی از آن‌ها برای جوامع محلی آزاردهنده باشد. تولید توربین‌ها نیز به مواد اولیه‌ای مانند فولاد، فیبر کربن، و فلزات کمیاب وابسته است که استخراج آن‌ها اثرات زیست‌محیطی قابل‌توجهی دارد (عصاره و صداقت‌فر، ۱۳۹۹؛ کیانی‌مقدم و همکاران، ۱۴۰۰).

انرژی برق‌آبی با بهره‌گیری از جریان آب در سدها یا نیروگاه‌های جریان رودخانه‌ای، برق تولید می‌کند و به دلیل هزینه‌های عملیاتی پایین، قابلیت ذخیره‌سازی آب، و پایداری تولید، یکی از مهم‌ترین منابع تجدیدپذیر است (شاکری و همکاران، ۱۴۰۰). این فناوری در کشورهایی مانند چین و برزیل، بخش عمده‌ای از برق را تأمین می‌کند. اما ساخت سدها می‌تواند اکوسیستم‌های رودخانه‌ای را تخریب کرده، گونه‌های آبزی را تهدید کند، و جوامع محلی را به دلیل جابجایی اجباری تحت تأثیر قرار دهد. در ایران، کاهش جریان آب به دلیل تغییرات اقلیمی و مدیریت نادرست منابع آبی، کارایی نیروگاه‌های برق‌آبی را کاهش داده است (احمدی و کریمی، ۱۳۹۹).

انرژی امواج دریا با بهره‌گیری از حرکت مکانیکی امواج سطحی، برق تولید می‌کند و به‌دلیل تراکم بالای انرژی، قابلیت پیش‌بینی نسبتاً خوب و عدم تولید آلاینده‌های هوا، به‌عنوان یکی از منابع تجدیدپذیر نوظهور مورد توجه قرار گرفته است (علاسوند و کنعان، ۱۳۹۲). این فناوری به‌ویژه برای کشورهایی با خطوط ساحلی گسترده، مانند بریتانیا و استرالیا، پتانسیل بالایی دارد. با این حال، توسعه سیستم‌های استخراج انرژی موج با چالش‌هایی نظیر خوردگی تجهیزات در محیط‌های شور، آسیب‌پذیری در برابر طوفان‌ها و هزینه‌های بالای تعمیر و نگهداری همراه است. همچنین، استقرار این تجهیزات می‌تواند بر زیستگاه‌های دریایی و مسیر حرکت گونه‌های آبزی تأثیر بگذارد، مگر آنکه با طراحی‌های سازگار با محیط زیست همراه شود (حسینی شریف و ترنج، ۱۳۹۸).

انرژی زمین‌گرمایی با استفاده از حرارت ذخیره‌شده در لایه‌های زیرین زمین، برق یا گرما تولید می‌کند و به‌دلیل پایداری بالا، عدم وابستگی به شرایط آب‌وهوایی، و انتشار بسیار کم گازهای گلخانه‌ای، از جمله منابع تجدیدپذیر با عملکرد قابل اطمینان محسوب می‌شود (نورالهی و یوسفی، ۱۴۰۲). این فناوری به‌ویژه در مناطقی با فعالیت زمین‌گرمایی بالا مانند ایسلند، اندونزی و برخی نقاط ایران کاربرد گسترده دارد. با این حال، هزینه‌های بالای حفاری اولیه، خطر ناپایداری زمین‌شناسی مانند فرونشست یا زمین‌لرزه‌های خفیف، و احتمال آلودگی آب‌های زیرزمینی در صورت نبود نظارت دقیق، از جمله چالش‌های توسعه این فناوری هستند (سلیمانی، ۱۳۹۲).

انرژی زیست‌توده (بیومس) از تبدیل مواد آلی مانند باقی‌مانده‌های کشاورزی، چوب، و ضایعات جنگلی به انرژی الکتریکی یا حرارتی حاصل می‌شود و به‌دلیل قابلیت بازیافت و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، یکی از منابع تجدیدپذیر مهم به شمار می‌آید (سلیمانی، ۱۳۹۲). این انرژی به‌ویژه در مناطق روستایی و کشاورزی ایران پتانسیل مناسبی برای تأمین انرژی گرمایی و برق دارد. با این حال، استفاده ناپایدار از منابع زیست‌توده می‌تواند منجر به کاهش تنوع زیستی، تخریب خاک، و آلودگی هوا به واسطه احتراق ناقص شود (فلاح‌نژاد تفتی و همکاران، ۱۳۹۵). همچنین، فرآیندهای تبدیل بیومس به انرژی نیازمند فناوری‌های مناسب و مدیریت صحیح هستند تا اثرات زیست‌محیطی کاهش یابد.

سوخت هیدروژنی به عنوان یک حامل انرژی پاک و تجدیدپذیر، در سال‌های اخیر توجه زیادی را در ایران به خود جلب کرده است. این سوخت از واکنش هیدروژن با اکسیژن، تنها آب تولید می‌کند و بنابراین هیچ‌گونه انتشار گازهای گلخانه‌ای ندارد (محمودی و حاتمى، ۱۴۰۳). تولید هیدروژن می‌تواند از روش‌های مختلفی مانند الکترولیز آب با استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر یا اصلاح گاز طبیعی انجام شود. با وجود مزایای زیست‌محیطی، چالش‌های اصلی شامل هزینه بالای تولید، نیاز به زیرساخت‌های خاص برای ذخیره‌سازی و انتقال، و مسائل ایمنی مرتبط با هیدروژن است (عبدالی سوسن و همکاران، ۱۴۰۱). با توسعه فناوری‌های مرتبط و کاهش هزینه‌ها، سوخت هیدروژنی می‌تواند نقش مهمی در کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی و کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی ایفا کند.

انرژی جزر و مد به‌عنوان یکی از منابع انرژی تجدیدپذیر، از حرکت آب دریاها و اقیانوس‌ها ناشی از جاذبه ماه و خورشید به‌دست می‌آید و به‌دلیل پیش‌بینی‌پذیری بالا و انتشار صفر آلاینده‌ها، پتانسیل بالایی برای تولید برق پاک دارد. در ایران، با وجود مرزهای دریایی طولانی در خلیج فارس و دریای عمان، تاکنون استفاده گسترده‌ای از این منبع انرژی صورت نگرفته است. مطالعات نشان می‌دهد که مناطقی مانند خور موسی در استان بوشهر و تنگه خوران در حدفاصل جزیره قشم و سرزمین اصلی، پتانسیل مناسبی برای استحصال انرژی جزر و مد دارند. با این حال، چالش‌هایی مانند هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری، کمبود فناوری‌های مناسب، و محدودیت‌های جغرافیایی از موانع اصلی توسعه این فناوری در کشور محسوب می‌شوند (مستوفی، ۱۳۸۵؛ چکینی و همکاران، ۱۴۰۰).

از سوی دیگر، انرژی‌های تجدیدناپذیر منابعی هستند که ذخایر آن‌ها محدود بوده و در صورت مصرف مداوم، رو به اتمام هستند. این منابع معمولاً از سوخت‌های فسیلی و انرژی هسته‌ای تشکیل می‌شوند.

انرژی هسته‌ای با شکافت اتم‌های اورانیوم، حجم بالایی از انرژی با انتشار کم کربن تولید می‌کند و برای کشورهایی با تقاضای بالای انرژی و محدودیت منابع تجدیدپذیر، گزینه‌ای استراتژیک است. این فناوری در کشورهایی مانند فرانسه، بیش از ۷۰ درصد برق را تأمین می‌کند. با این حال، خطرات مرتبط با پسماندهای هسته‌ای، که هزاران سال فعال باقی می‌مانند، هزینه‌های بالای ساخت نیروگاه‌ها، و نیاز به استانداردهای ایمنی سختگیرانه، چالش‌های جدی ایجاد کرده‌اند (خلیلی و مهدوی، ۱۳۹۸). حوادث هسته‌ای مانند چرنوبیل (۱۹۸۶) و فوکوشیما (۲۰۱۱) نگرانی‌های عمومی را افزایش داده و پذیرش اجتماعی این فناوری را کاهش داده است.

سوخت‌های فسیلی مانند نفت، گاز و زغال‌سنگ، به دلیل دسترسی آسان، زیرساخت‌های گسترده، و هزینه‌های اولیه پایین، همچنان منبع اصلی انرژی در جهان هستند (تقوی و احمدی، ۱۳۹۹). اما انتشار بالای CO۲، آلودگی هوا، و تخریب زیست‌محیطی ناشی از استخراج، حمل‌ونقل، و مصرف آن‌ها، این منابع را به گزینه‌ای ناپایدار تبدیل کرده است. فناوری‌هایی مانند جذب و ذخیره کربن (CCS) می‌توانند انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش دهند، اما هزینه‌های بالا و پیچیدگی‌های فنی، کاربرد گسترده آن را محدود کرده‌اند (جعفری و رستمی، ۱۴۰۰). انتخاب هر یک از این روش‌ها نیازمند ارزیابی دقیق کارایی اقتصادی، پایداری زیست‌محیطی، و تطبیق با شرایط جغرافیایی و اجتماعی است.

منبع انرژی	آلاینده‌ی گرم‌ترین‌الکسیه تولیدی به ازای هر کیلووات ساعت*
زغال‌سنگ	۸۵۰
گاز	۵۰
انرژی خورشیدی	۱۰
انرژی بادی	۱۰
انرژی زمین‌گرمایی	۱۰
انرژی آبی	۱۰
انرژی زمین‌گرمایی	۱۰
زغال‌سنگ	۸۵۰
انرژی آبی	۱۰
انرژی خورشیدی	۱۰
انرژی بادی	۱۰
انرژی زمین‌گرمایی	۱۰

به منظور مقایسه کمی اثرات زیست‌محیطی منابع مختلف انرژی، به‌ویژه در زمینه انتشار گازهای گلخانه‌ای، جدول ۱ میزان آلایندگی هر منبع را بر حسب گرم کربن‌دی‌اکسید تولیدی به ازای هر کیلووات ساعت انرژی تولیدی ارائه می‌دهد. این جدول می‌تواند مبنایی برای تصمیم‌گیری در راستای انتخاب گزینه‌های کم‌کربن و پایدار در سیاست‌گذاری‌های انرژی باشد. به منظور مقایسه کمی اثرات زیست‌محیطی منابع مختلف انرژی، به‌ویژه در زمینه انتشار گازهای گلخانه‌ای، جدول ۱ میزان آلایندگی هر منبع را بر حسب گرم کربن‌دی‌اکسید تولیدی به ازای هر کیلووات ساعت انرژی تولیدی ارائه می‌دهد. این جدول می‌تواند مبنایی برای تصمیم‌گیری در راستای انتخاب گزینه‌های کم‌کربن و پایدار در سیاست‌گذاری‌های انرژی باشد.

پتانسیل انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران
ایران با برخورداری از پهنه جغرافیایی گسترده، اقلیم متنوع، منابع طبیعی سرشار و شرایط خاص تابش خورشید، وزش باد و ویژگی‌های زمین‌شناختی، از ظرفیت چشمگیری برای توسعه انواع انرژی‌های تجدیدپذیر برخوردار است. بررسی منابع تجدیدپذیر در کشور نشان می‌دهد که هر یک از این منابع بسته به موقعیت مکانی، پیشرفت فناوری، ظرفیت بومی‌سازی و نیازهای منطقه‌ای، در سطح متفاوتی از توسعه قرار دارند. جدول ۲ مروری جامع بر مهم‌ترین منابع انرژی تجدیدپذیر ایران ارائه می‌دهد که در آن به پتانسیل جغرافیایی، وضعیت فعلی توسعه، مزایا و چالش‌ها، پروژه‌های اجراشده و مراجع مرتبط پرداخته شده است.

جدول ۲. مرور جامع بر پتانسیل، وضعیت فعلی، مزایا و چالش‌های انواع انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران

نوع انرژی	پتانسیل ظرفیتی	وضعیت توسعه	مزایا	چالش‌ها	منابع و مراجع
انرژی خورشیدی	حدود ۵۰۰۰۰۰ مگاوات	توسعه سریع در سراسر کشور	پتانسیل بسیار بالا	عدم یکنواختی در توزیع	مرکز تحقیقات کاربردی در حوزه‌های مکانیک، هوافضا و مهندسی دریا
انرژی بادی	حدود ۱۰۰۰۰۰ مگاوات	توسعه در مناطق ساحلی و کوهستانی	پتانسیل بسیار بالا	عدم یکنواختی در توزیع	مرکز تحقیقات کاربردی در حوزه‌های مکانیک، هوافضا و مهندسی دریا
انرژی زمین‌گرمایی	حدود ۱۰۰۰۰۰ مگاوات	توسعه در مناطق کوهستانی	پتانسیل بسیار بالا	عدم یکنواختی در توزیع	مرکز تحقیقات کاربردی در حوزه‌های مکانیک، هوافضا و مهندسی دریا
انرژی آبی	حدود ۱۰۰۰۰۰ مگاوات	توسعه در مناطق کوهستانی	پتانسیل بسیار بالا	عدم یکنواختی در توزیع	مرکز تحقیقات کاربردی در حوزه‌های مکانیک، هوافضا و مهندسی دریا
انرژی زمین‌گرمایی	حدود ۱۰۰۰۰۰ مگاوات	توسعه در مناطق کوهستانی	پتانسیل بسیار بالا	عدم یکنواختی در توزیع	مرکز تحقیقات کاربردی در حوزه‌های مکانیک، هوافضا و مهندسی دریا
انرژی آبی	حدود ۱۰۰۰۰۰ مگاوات	توسعه در مناطق کوهستانی	پتانسیل بسیار بالا	عدم یکنواختی در توزیع	مرکز تحقیقات کاربردی در حوزه‌های مکانیک، هوافضا و مهندسی دریا
انرژی زمین‌گرمایی	حدود ۱۰۰۰۰۰ مگاوات	توسعه در مناطق کوهستانی	پتانسیل بسیار بالا	عدم یکنواختی در توزیع	مرکز تحقیقات کاربردی در حوزه‌های مکانیک، هوافضا و مهندسی دریا
انرژی آبی	حدود ۱۰۰۰۰۰ مگاوات	توسعه در مناطق کوهستانی	پتانسیل بسیار بالا	عدم یکنواختی در توزیع	مرکز تحقیقات کاربردی در حوزه‌های مکانیک، هوافضا و مهندسی دریا
انرژی زمین‌گرمایی	حدود ۱۰۰۰۰۰ مگاوات	توسعه در مناطق کوهستانی	پتانسیل بسیار بالا	عدم یکنواختی در توزیع	مرکز تحقیقات کاربردی در حوزه‌های مکانیک، هوافضا و مهندسی دریا
انرژی آبی	حدود ۱۰۰۰۰۰ مگاوات	توسعه در مناطق کوهستانی	پتانسیل بسیار بالا	عدم یکنواختی در توزیع	مرکز تحقیقات کاربردی در حوزه‌های مکانیک، هوافضا و مهندسی دریا
انرژی زمین‌گرمایی	حدود ۱۰۰۰۰۰ مگاوات	توسعه در مناطق کوهستانی	پتانسیل بسیار بالا	عدم یکنواختی در توزیع	مرکز تحقیقات کاربردی در حوزه‌های مکانیک، هوافضا و مهندسی دریا
انرژی آبی	حدود ۱۰۰۰۰۰ مگاوات	توسعه در مناطق کوهستانی	پتانسیل بسیار بالا	عدم یکنواختی در توزیع	مرکز تحقیقات کاربردی در حوزه‌های مکانیک، هوافضا و مهندسی دریا
انرژی زمین‌گرمایی	حدود ۱۰۰۰۰۰ مگاوات	توسعه در مناطق کوهستانی	پتانسیل بسیار بالا	عدم یکنواختی در توزیع	مرکز تحقیقات کاربردی در حوزه‌های مکانیک، هوافضا و مهندسی دریا
انرژی آبی	حدود ۱۰۰۰۰۰ مگاوات	توسعه در مناطق کوهستانی	پتانسیل بسیار بالا	عدم یکنواختی در توزیع	مرکز تحقیقات کاربردی در حوزه‌های مکانیک، هوافضا و مهندسی دریا
انرژی زمین‌گرمایی	حدود ۱۰۰۰۰۰ مگاوات	توسعه در مناطق کوهستانی	پتانسیل بسیار بالا	عدم یکنواختی در توزیع	مرکز تحقیقات کاربردی در حوزه‌های مکانیک، هوافضا و مهندسی دریا

با نگاهی به جدول ۲ روشن می‌شود که منابع خورشیدی و برق‌آبی بیشترین سهم توسعه‌یافته را در ایران به خود اختصاص داده‌اند. انرژی خورشیدی با بیش از ۵۰۰ مگاوات ظرفیت نصب‌شده و روند رشد پایدار، یکی از امیدبخش‌ترین گزینه‌های جایگزین در مناطق کویری و جنوب شرقی کشور است. با این حال، عواملی چون هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه، نیاز به زمین وسیع و تهدیدات ناشی از گردوغبار، چالش‌هایی برای توسعه آن به شمار می‌روند. در نقطه مقابل، برق‌آبی با وجود پیشینه طولانی، اکنون به دلیل بحران کم‌آبی و تغییرات اقلیمی با محدودیت‌های جدی مواجه شده است.

منابع بادی نیز با وجود پتانسیل بالا در نواحی کوهستانی شمال شرق و غرب، همچنان زیر ظرفیت بالفعل خود عمل می‌کنند. گرچه پروژه‌هایی نظیر نیروگاه‌های منجیل و بینالود به بهره‌برداری رسیده‌اند، توسعه این منابع نیازمند سیاست‌گذاری پایدار و کاهش هزینه‌های نگهداری است. در کنار این‌ها، زیست‌توده و زمین‌گرمایی به عنوان منابع کم‌استفاده‌تر اما پراهمیت مطرح هستند که ضمن حل مسائل زیست‌محیطی، می‌توانند نقش مؤثری در مناطق خاص ایفا کنند؛ هرچند که همچنان با چالش‌های فناوری، هزینه‌های بالا و نبود زیرساخت مواجه‌اند.

منابع بادی نیز با وجود پتانسیل بالا در نواحی کوهستانی شمال شرق و غرب، همچنان زیر ظرفیت بالفعل خود عمل می‌کنند. گرچه پروژه‌هایی نظیر نیروگاه‌های منجیل و بینالود به بهره‌برداری رسیده‌اند، توسعه این منابع نیازمند سیاست‌گذاری پایدار و کاهش هزینه‌های نگهداری است. در کنار این‌ها، زیست‌توده و زمین‌گرمایی به عنوان منابع کم‌استفاده‌تر اما پراهمیت مطرح هستند که ضمن حل مسائل زیست‌محیطی، می‌توانند نقش مؤثری در مناطق خاص ایفا کنند؛ هرچند که همچنان با چالش‌های فناوری، هزینه‌های بالا و نبود زیرساخت مواجه‌اند.

در بخش منابع نوظهور، انرژی امواج دریا و هیدروژن سبز، به‌رغم پتانسیل فنی قابل‌توجه، هنوز در مراحل مطالعاتی قرار دارند و ورود آن‌ها به فاز صنعتی مستلزم جذب سرمایه‌گذاری، انتقال فناوری و همکاری بین‌المللی است. همچنین نیروگاه‌های هیبریدی، به عنوان راهکاری برای افزایش بهره‌وری و پایداری انرژی در مناطق دورافتاده، با وجود تجربیات موفق نمونه، به پشتیبانی در طراحی، مدیریت انرژی و تجاری‌سازی نیاز دارند.

در مجموع، ترکیب ظرفیت‌های متنوع انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران این امکان را فراهم می‌سازد تا با تدوین راه‌بردی منسجم و سرمایه‌گذاری هدفمند، گذار انرژی در کشور تسریع شود و وابستگی به سوخت‌های فسیلی کاهش یابد.

شرکت فراسو سپهر آریا (فراسا)

شرکت دانش‌بنیان فراسو سپهر آریا، با نام تجاری فراسا، فعالیت حرفه‌ای خود را از سال ۱۳۸۶ با تمرکز بر تحقیقات کاربردی در حوزه‌های مکانیک، هوافضا و مهندسی دریا آغاز کرد. این شرکت با تکیه بر سرمایه انسانی متشکل از نخبگان دانشگاهی و متخصصان صنعت، از همان ابتدا با هدف ایجاد پل ارتباطی مؤثر میان دانش فنی دانشگاهی و نیازهای واقعی صنعت در ایران پایه‌گذاری شد. تلاش برای پاسخ‌گویی به چالش‌های فنی موجود در صنایع کشور، به‌ویژه در زمینه انرژی، موجب شد که از سال ۱۳۹۰ رویکرد شرکت به سمت مهندسی انرژی و راهکارهای بهینه‌سازی مصرف آن متمرکز شود. این رویکرد با استقرار شرکت در شهرک علمی و تحقیقاتی اصفهان در سال ۱۳۹۲ و ورود به مرحله تجاری‌سازی، رنگی جدی‌تر به خود گرفت و شرکت به‌طور رسمی به عنوان یک مجموعه فعال در حوزه طراحی و توسعه‌ی سامانه‌های بهینه‌سازی مصرف انرژی و تهویه مطبوع ثبت و معرفی شد.

در همین راستا، یکی از شاخص‌ترین و ماندگارترین دستاوردهای شرکت، توسعه فناوری ساخت صفحات جاذب خورشیدی با ضریب جذب بسیار بالا بود؛ فناوری‌ای که به‌طور کامل در داخل کشور بومی‌سازی شده و

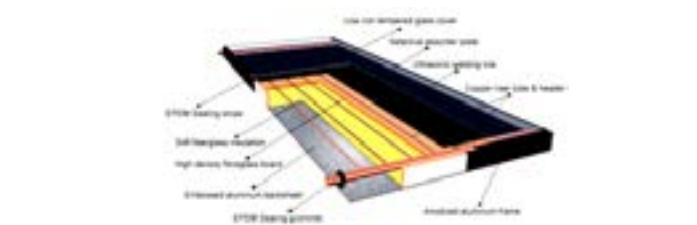
در قالب آبگرمکن‌های خورشیدی صفحه تخت به بهره‌برداری رسیده است. این صفحات، که هسته عملکردی هر کلکتور خورشیدی محسوب می‌شوند، مسئول جذب انرژی تابشی خورشید و تبدیل آن به گرمای قابل استفاده هستند. صفحه جاذب، که معمولاً از جنس فلزاتی چون مس یا آلومینیوم ساخته می‌شود، به لوله‌هایی متصل است که سیال عامل (مانند آب یا محلول ضدیخ) در آن‌ها جریان دارد. گرمای جذب‌شده توسط این صفحه به سیال منتقل می‌شود و از آن‌جا می‌توان برای گرمایش آب یا فضا بهره گرفت. در شکل ۱، نمونه‌ای از آبگرمکن خورشیدی تولیدشده توسط شرکت فراسا مشاهده می‌شود که از فناوری صفحات جاذب داخلی بهره می‌برد.

شکل ۱. آبگرمکن خورشیدی تولید شده توسط شرکت فراسا



اما عملکرد موفق کلکتور تنها به کیفیت صفحه جاذب محدود نمی‌شود. یک کلکتور خورشیدی صفحه تخت، از اجزای متعددی تشکیل شده است که هر یک نقشی حیاتی در بهینه‌سازی راندمان حرارتی ایفا می‌کنند. در بالای صفحه جاذب، یک یا چند لایه پوشش شفاف – اغلب شیشه سکوریت – قرار می‌گیرد که از یک‌سو اجازه عبور پرتوهای خورشیدی را می‌دهد و از سوی دیگر مانع از خروج گرما به شکل تابشی می‌شود. در پشت و اطراف صفحه جاذب نیز لایه‌های عایق حرارتی تعبیه می‌شوند تا اتلاف انرژی به حداقل برسد. تمام این اجزا درون یک بدنه فلزی با طراحی مقاوم و ضدخوردگی جای می‌گیرند که کل مجموعه را در برابر عوامل محیطی مانند باد، باران، و تغییرات دمایی محافظت می‌کند. نوع چیدمان لوله‌ها، جنس و ضخامت عایق‌ها، کیفیت آب‌بندی قاب، و طراحی سازه نگذارنده از دیگر عواملی است که بر کارایی و دوام سیستم تأثیر مستقیم دارد. برای درک بهتر ساختار داخلی کلکتور خورشیدی، شکل ۲ زیر نمای شماتیکی از اجزای اصلی این سامانه را ارائه می‌دهد.

شکل ۲. شماتیکی از کلکتور خورشیدیفناوری

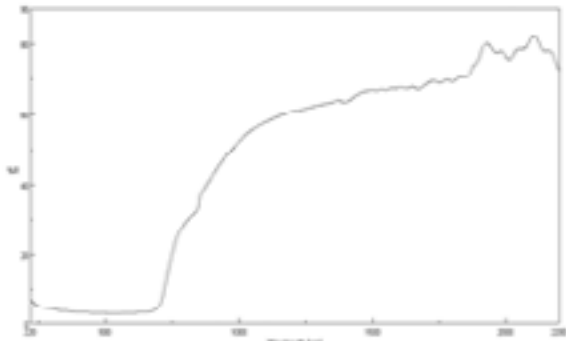


عنوان مجله، سال اول، شماره ۳، بهار ۱۴۰۱

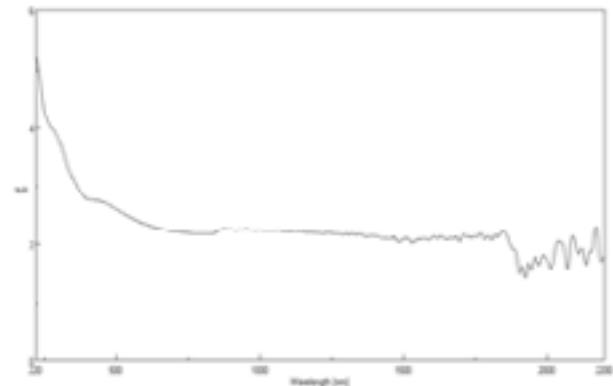
پوشش‌دهی شیمیایی سطح صفحات جاذب که در شرکت فراسا توسعه یافته، بر مبنای فرایند الکترولس

نیکل-فسفر طراحی شده است. در این فرآیند، سطح فلز بدون نیاز به جریان الکتریکی، به‌طور یکنواخت با لایه‌ای نازک از آلیاژ نیکل-فسفر پوشش داده می‌شود؛ پوششی که ضمن دارا بودن ضریب جذب بسیار بالا برای تابش خورشیدی، از گسیل مجدد حرارتی جلوگیری کرده و مقاومت بسیار بالایی در برابر خوردگی، سایش، و شرایط جوی دارد.

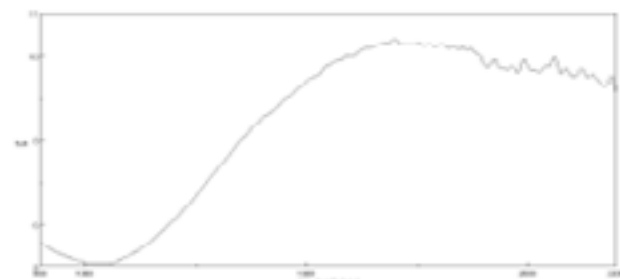
برای سنجش عملکرد این فناوری، مجموعه‌ای از آزمون‌های دقیق و علمی بر روی صفحات تولیدی فراسا انجام شده است. نتایج آزمون UV-Vis در محدوده طول موج ۲۰۰ تا ۲۲۰۰ نانومتر، اثربخشی پوشش در جذب نور مرئی و فروسرخ را تأیید کرد. شکل‌های ۴ و ۵ به ترتیب نتایج حاصل از آزمون جذب نوری برای نمونه‌های پوشش آنودایزینگ، نیکل-فسفر و کروم سیاه را نمایش می‌دهند. این نتایج به وضوح تفاوت در رفتار نوری این پوشش‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۳. نمودار UV آنودایزی



شکل ۴. نمودار UV نیکل فسفر



شکل ۵. نمودار UV کروم سیاه

جدول ۳. نتایج ضریب جذب

جدول ۴. مقادیر ضریب جذب و ضریب نشر برای انواع مختلف پوشش‌های جاذب بررسی‌شده در منابع علمی و نمونه‌های تولیدی فراسا را مقایسه می‌کند.

ردیف	نوع پوشش	ضریب جذب (ارده)	ضریب نشر (Selvakumar and Barshilia, 2012)
۱	نیکل - فسفر خارجی	۹۸	۰/۱
۲	کروم سیاه	۹۱	۰/۸
۳	نیکل - فسفر داخلی	۹۵	۰/۱
۴	آنودایزینگ	۵۳	-

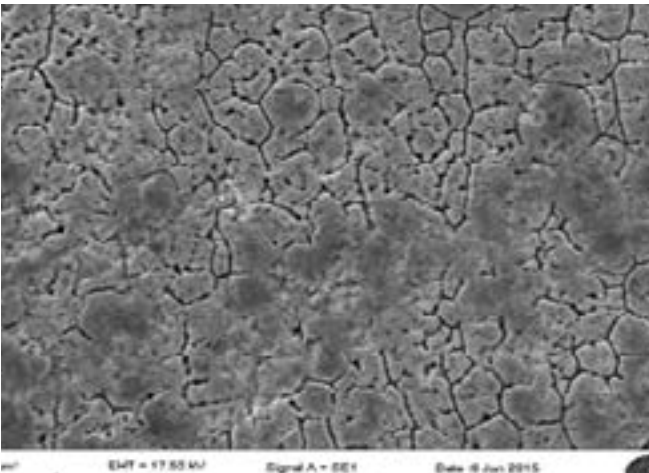
به‌منظور ارزیابی دوام و پایداری پوشش‌ها در شرایط سخت محیطی، مجموعه‌ای از تست‌های خوردگی مطابق با استاندارد DIN ۵۰۰۱۸ انجام گرفت. نتایج این آزمون‌ها در جدول ۴ ارائه شده است. این نشان دادند که مقاومت صفحات تولیدی حتی نسبت به نمونه‌های خارجی موجود در بازار برتری دارد.

جدول ۴. مقایسه نتایج تست خوردگی بر روی نمونه‌هایی با پوشش‌های مختلف (Baudrand, ۱۹۹۷)

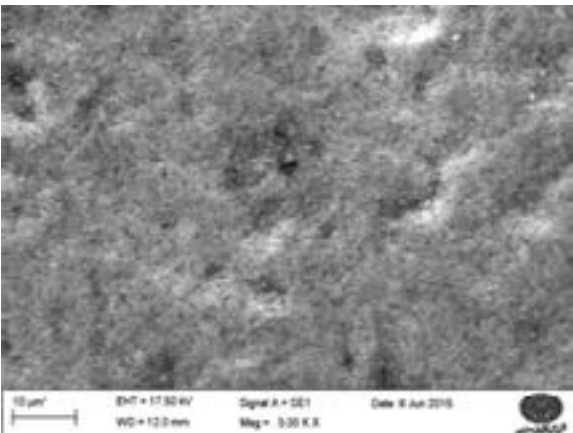
ردیف	نام و نوع آزمون / پارامتر مورد آزمون	استاندارد	نتیجه آزمون	Test Items
۱	مقاومت در محیط خورنده SO2 (نمونه خارجی) یک سبیل ۲۴ ساعت	DIN50018	مقاوم بود و پودری از سطح جدا نشد	SO2 Resistance
۲	مقاومت در محیط خورنده SO2 (کروم سیاه) یک سبیل ۲۴ ساعت	DIN50018	مقاوم بود	SO2 Resistance
۳	مقاومت در محیط خورنده SO2 (نیکل فسفر خارجی) یک سبیل ۲۴ ساعت	DIN50018	از نمونه پوشش یک نمونه مقاوم بود و در یک طرف نمونه دوم عدم مقاومت مشاهده گردید	SO2 Resistance
۴	مقاومت در محیط خورنده یک سبیل ۲۴ ساعت (نیکل فسفر داخلی)	DIN50018	مقاوم بود	SO2 Resistance

همچنین، تحلیل‌های ساختاری با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و طیف‌سنجی پراش انرژی (EDS) یکنواختی و همگنی لایه پوشش را به‌وضوح نشان داد. تصاویر میکروسکوپی زیر، کیفیت و یکنواختی پوشش‌های اعمال‌شده را در مقیاس میکرونی نشان می‌دهند. تصاویر شامل سطح پوشش و تحلیل طیف‌سنجی عنصری (EDS) برای نمونه‌های نیکل-فسفر، کروم سیاه و Sun strip هستند.

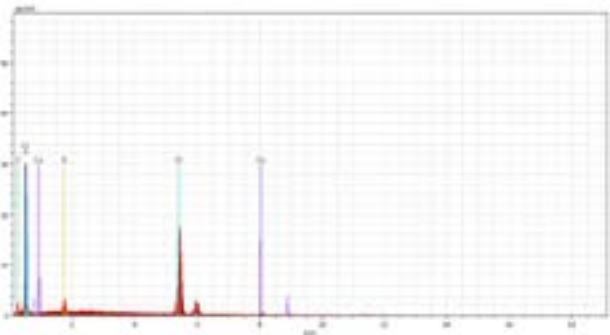
شکل ۶. سطح پوشش نیکل-فسفر خارجی



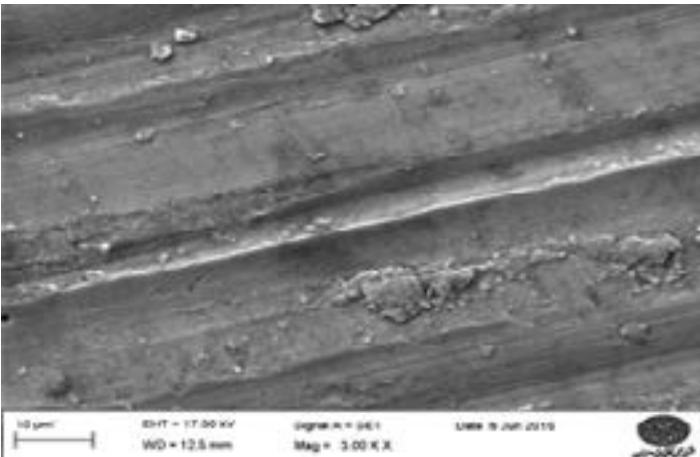
شکل ۷. آنالیز سطح پوشش نیکل-فسفر خارجی



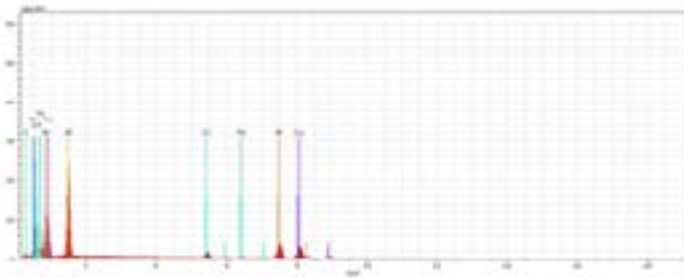
شکل ۸. سطح پوشش کروم سیاه



شکل ۹. آنالیز پوشش کروم سیاه

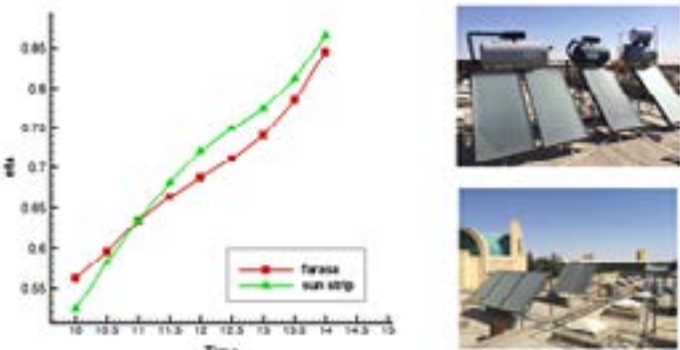


شکل ۱۰. سطح پوشش

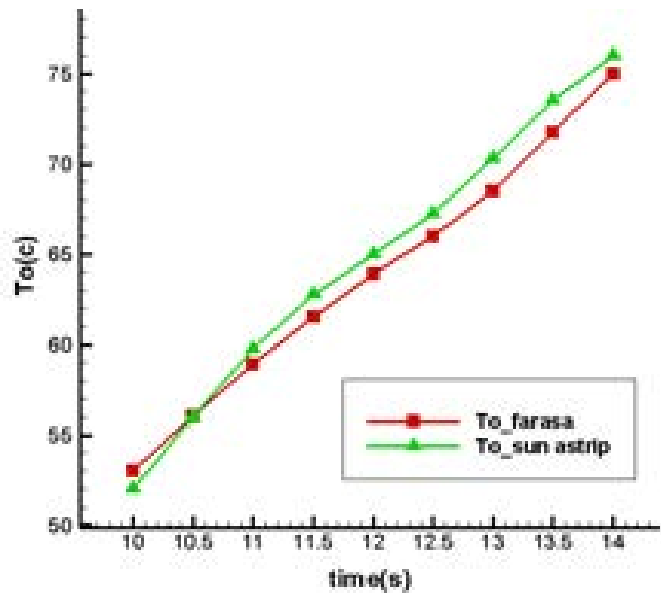


شکل ۱۱. آنالیز پوشش خارجی (Sun strip)

در آزمون‌های عملیاتی حرارتی که با بدنه کلکتورهای استاندارد خارجی انجام شد، خروجی حرارتی صفحات جاذب فراسا با برندهای معتبر جهانی مانند Sun strip قابل رقابت بود. این مقایسه با استفاده از حسگرهای حرارتی دقیق، دیتالاگرهای ثبت دما، و تحلیل بر پایه استانداردهای DIN و EN انجام شده است. در ادامه، نتایج مقایسه عملکرد حرارتی میان صفحات جاذب تولید فراسا و نمونه خارجی Sun strip ارائه می‌شود.



شکل ۱۲. مقایسه راندمان کلکتور فراسا و Sun strip



شکل ۱۳. مقایسه دمای کاری کلکتور فراسا و Sun strip

قابلیت سفرای‌سازی ابعاد و اجزای کلکتورها یکی دیگر از مزایای راهبردی این فناوری است. شرکت فراسا توانایی طراحی و تولید کلکتورهای خورشیدی را در بازه‌ای گسترده از ابعاد، از مدل‌های کوچک یک مترمربعی برای مصارف خانگی تا مدل‌های بزرگ صنعتی تا ۱۴ مترمربع، دارا است. این انعطاف در طراحی به مهندسان پروژه‌ها این امکان را می‌دهد که از این فناوری در گستره وسیعی از کاربردها، از ساختمان‌های مسکونی و عمومی تا تأسیسات صنعتی، بهره‌مند شوند.

این دستاورد فناورانه، که با ثبت اختراع رسمی (شماره ۸۰۸۶۱) و تأییدیه‌های تخصصی همراه است، نشان‌دهنده ظرفیت بالای فراسا در بومی‌سازی فناوری‌های پیچیده، تولید محصولات دانش‌بنیان با کیفیت جهانی، و کاهش وابستگی کشور به واردات تجهیزات انرژی خورشیدی است. آینده‌نگری، نوآوری مستمر، و تکیه بر تخصص داخلی، مسیر این شرکت را به‌عنوان یکی از پیشگامان حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران هموار کرده است.

نتیجه‌گیری

جهان امروز در آستانه یک گذار انرژی گسترده است که آینده‌ی توسعه اقتصادی، پایداری محیط زیست، و امنیت انرژی کشورها را تحت‌تأثیر قرار خواهد داد. یافته‌های این مقاله نشان می‌دهد که منابع تجدیدپذیر نه‌تنها راهکارهایی برای مقابله با بحران‌های زیست‌محیطی به شمار می‌آیند، بلکه ابزارهایی راهبردی برای خودکفایی و مقاوم‌سازی اقتصاد انرژی‌محور ایران نیز هستند.

شرکت‌هایی مانند فراسا با تمرکز بر توسعه فناوری‌های بومی در حوزه مهندسی انرژی، نشان داده‌اند که با حمایت صحیح سیاست‌گذاران، می‌توان گام‌هایی عملی در مسیر کاهش وابستگی به واردات تجهیزات و گسترش زیرساخت‌های انرژی پاک برداشت.

در افق آینده، پیش‌بینی می‌شود که ترکیبی از نوآوری‌های فناورانه (مانند سلول‌های خورشیدی با راندمان بالا، ذخیره‌سازی هوشمند انرژی، و سوخت‌های پاک مانند هیدروژن سبز) همراه با سیاست‌های هوشمند یارانه‌ای‌آموزش عمومی، و هماهنگی بین‌بخشی، می‌تواند ایران را به یکی از بازیگران اصلی منطقه در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر تبدیل کند.

منابع

احمدپور، امین. «معرفی انواع انرژی‌های تجدیدپذیر و بررسی مزایای استفاده از آن.» مجموعه مقالات اولین همایش ملی انرژی‌های نو و پاک، اهواز، ۱۳۹۲، مقاله ۱، صص. ۷-۱. پایگاه سیوپلیکا.

احمدی، ناصر، و زهرا کریمی. «تأثیر تغییرات اقلیمی بر عملکرد نیروگاه‌های برق‌آبی ایران.» کنفرانس ملی مدیریت منابع آب و محیط زیست، ۱۳۹۹، پایگاه سیوپلیکا.

امیری، حمیدرضا، رضا آذین، روح‌اله فاتحی، و شهریار عصفوری. «بررسی چالش‌ها، فرصت‌ها و جایگاه ایران در جذب و ذخیره‌سازی کربن در سازندهای زیرزمینی به‌منظور حفظ محیط زیست.» اولین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی محیط زیست، انرژی و صنعت پاک، تهران، ۱۳۹۲.

بریهانی، مهدی، و عبدالرزاق کعبی‌نژادیان. «انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه پایدار در ایران.» نشریه انرژی‌های تجدیدپذیر و نو، جلد ۱، شماره ۱، ۱۳۹۳، صص. ۲۱-۲۶.

جعفری، مریم، و ناصر رستمی. «بررسی نقش فناوری‌های نوین در کاهش آلانده‌های ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی در ایران.» نشریه علوم محیطی ایران، ۱۴۰۰؛ ۳۲(۱): ۸۱-۹۲، پایگاه سیوپلیکا.

چگینی، وحید، و همکاران. «بررسی و مقایسه انواع روش‌های استحصال توان الکتریکی از انرژی جزر و مد.» نشریه انرژی‌های تجدیدپذیر و نو، دوره ۸، شماره ۲، ۱۴۰۰، صص. ۵۰-۶۲. خالقی، مسعود، و عرفان زمانی‌افشار. «بهره‌وری و توسعه توربین بادی در ایران.» یازدهمین کنگره ملی و اولین کنگره بین‌المللی مهندسی مکانیک بیوسیستم و مکانیزاسیون کشاورزی، ۱۴۰۲، پایگاه سیوپلیکا.

خلیلی، سیدرضا، و محمدرضا مهدوی. «تحلیل نقش انرژی هسته‌ای در تأمین پایدار انرژی در ایران.» نشریه انرژی‌های تجدیدپذیر و نو، ۱۳۹۸؛ ۵(۲): ۵۵-۶۵، پایگاه سیوپلیکا.

دنیای اقتصاد. «مصرف جهانی انرژی در سال ۲۰۲۳؛ پیش‌بینی افزایش تقاضا تا ۲۰۳۰.» وب‌سایت دنیای اقتصاد، ۱۴۰۲.

دیپلماسی ایرانی. «هیدروژن سبز؛ سوخت آینده در خاورمیانه؟»

رادیو فردا. «ایران از لحاظ شدت مصرف انرژی "بدترین رتبه جهان" را دارد.» رادیو فردا، ۱۴۰۲.

سلیمانی، مهرانگیز. «بررسی استفاده از انرژی زمین‌گرمایی در ایران.» اولین همایش سراسری محیط زیست، انرژی و پدافند زیستی، ۱۳۹۲.

سلیمانی، مهرانگیز. «بررسی استفاده از انرژی زیست‌توده در ایران.» اولین همایش سراسری محیط زیست، انرژی و پدافند زیستی، ۱۳۹۲.

شاکری، علی‌رضا، و همکاران. «بررسی چالش‌های زیست‌محیطی و اقتصادی نیروگاه‌های برق‌آبی در ایران.» نشریه علوم محیط زیست ایران، ۱۴۰۰، جلد ۳۱، شماره ۲، صفحات ۱۲۳-۱۳۴، پایگاه سیوپلیکا.

شصتی، محمدرضا، و علی فرزانه. «انرژی خورشیدی: مروری بر کاربرد فناوری فتوولتایی و آثار زیست‌محیطی.» ششمین کنگره بین‌المللی توسعه کشاورزی، منابع طبیعی، محیط‌زیست و گردشگری ایران، ۱۴۰۱، پایگاه سیوپلیکا.

صادقی، مهدی، و محمدرضا حیدری. «مروری بر پژوهش‌های انرژی جریان‌های جزرومدی و انرژی امواج دریاهای ایران.» فصلنامه کشتیرانی و فناوری دریایی، دوره ۵، شماره ۴، ۱۳۹۹.

علاسوند، گلبانو، و شیماء کنعان. «انرژی امواج دریا، روش‌های استحصال آن و تأثیر آن بر محیط زیست.» چهارمین همایش ملی کاربرد فناوری‌های نوین در علوم مهندسی، ۱۳۹۲.

عصاره، احسان‌اله، و محمد صداقت‌فر. «بررسی اثرات زیست‌محیطی نیروگاه‌های بادی تک توربین احداث‌شده در ایران.» اولین کنفرانس ملی بهینه‌سازی در انرژی‌های تجدیدپذیر، ۱۳۹۹، پایگاه سیوپلیکا.

1st ed., Ohio: ASM Internationals ,Electroless Nickel Plating. ASM Handbook .(۱۹۹۷).Baudrand, D.W

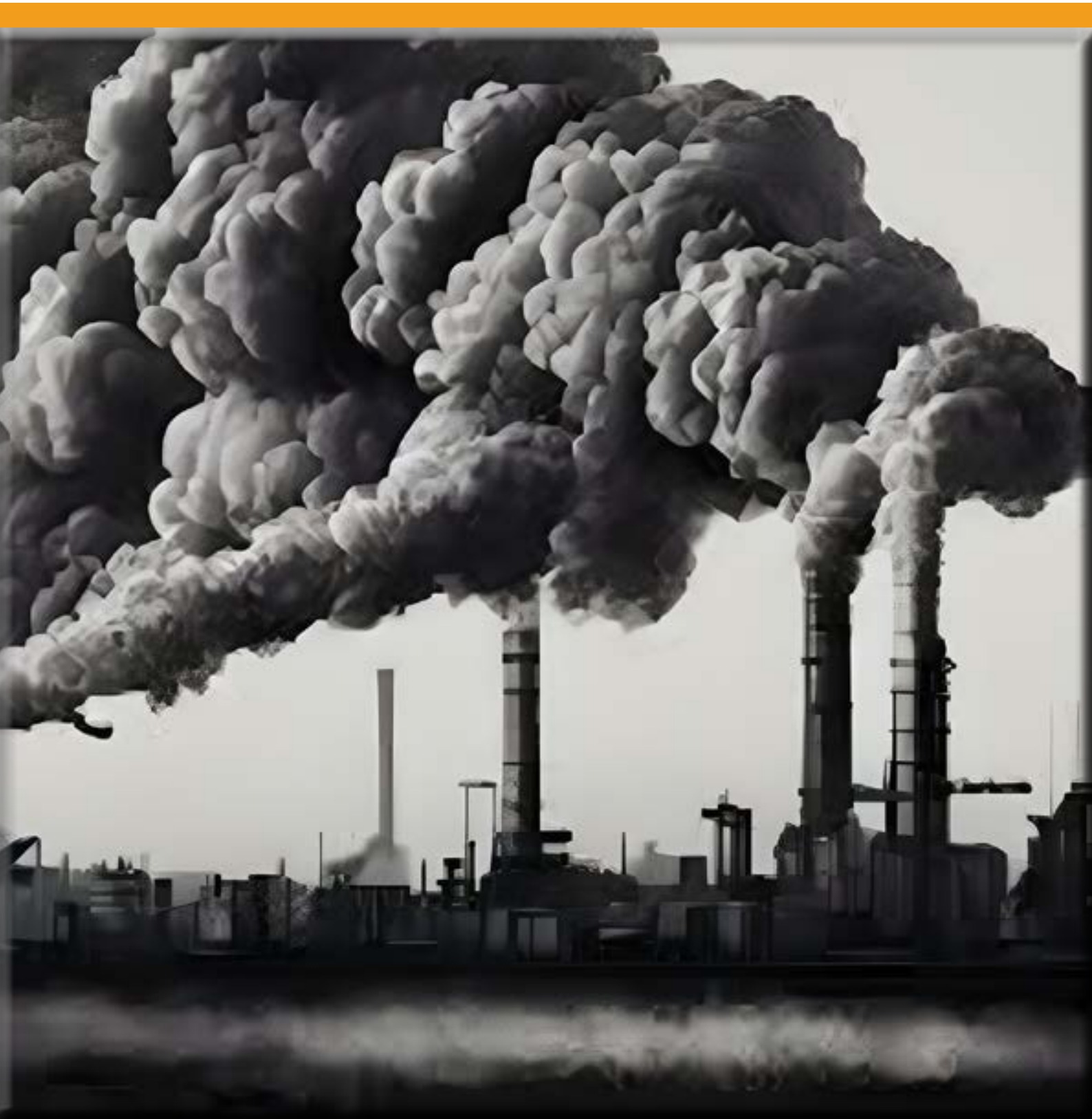
heat.-The truth about green hydrogen vs. fossil fuels. Retrieved from https://h۲.(۲۰۲۵). H۲Heat Project eu/blog/the-truth-about-green-hydrogen-vs-fossil-fuels/. Licence: © H۲Heat Project

The carbon footprint of tidal energy and wave energy. Retrieved from https://.(۲۰۲۴). Impactful Ninja /impactful.ninja/the-carbon-footprint-of-tidal-energy-and-wave-energy

Paris: IEA. Retrieved from ۲۰۲۳ World Energy Outlook .(۲۰۲۳). (International Energy Agency (IEA report); CC BY NC SA) ۴۰, Licence: CC BY .۲۰۲۳-https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook ۴۰ (Annex A).

Abu Dhabi: ۲۰۲۳ Renewable Energy Statistics .(۲۰۲۳). (International Renewable Energy Agency (IRENA ۲۰۲۳-Jan/Renewable-energy-statistics/۲۰۲۳/IRENA. Retrieved from https://www.irena.org/publications ۴۰, Licence: CC BY

Review of physical vapor deposited (PVD) spectrally .N. Selvakumar & Harish C. Barshilia .(۲۰۱۲). selective coatings for mid- and high-temperature solar thermal applications. Solar Energy



مقاله



مهندسی سطوح پیشرفته با استفاده از پوشش کامپوزیتی طلا–نانوالماس در صنایع دقیق

چکیده

با گسترش نیاز به قطعات با عملکرد بالا در صنایع دقیق نظیر الکترونیک، مخابرات، مهندسی پزشکی، فناوری لیزر و تجهیزات نظامی، بهبود خواص سطحی قطعات فلزی به یکی از چالش‌های اساسی تبدیل شده است. طلا به‌عنوان فلزی با رسانایی الکتریکی و پایداری شیمیایی بالا، انتخابی متداول برای پوشش‌دهی قطعات حساس است؛ اما ضعف آن در مقاومت به سایش و سختی پایین، محدودیت‌هایی در کاربردهای صنعتی ایجاد می‌کند.

در این پژوهش، از یک پوشش کامپوزیتی نانوساختار بر پایه طلا و نانوالماس تولید شده در شرکت زرین پوشش استفاده شده که به روش آَبکاری الکتریکی و با ضخامت نانومتری (۵۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر) بر سطح قطعات اعمال شده است. این پوشش با بهره‌گیری از نانوالماس به‌عنوان عامل تقویت‌کننده مکانیکی، موجب افزایش سختی سطح از حدود ۱۱۰ ویکرز (در پوشش طلای خالص) به بیش از ۲۲۰ ویکرز شده است. همچنین، نتایج آزمون‌های مقاومت‌سنجی نشان می‌دهد که رسانایی الکتریکی این نانوپوشش حفظ شده و در برخی موارد بهبود یافته است. بررسی‌های گونیواسپکتروفوتومتری نیز بیانگر افزایش انعکاس نور سطحی در محدوده طول موج مرئی بوده که برای کاربردهایی نظیر تجهیزات لیزری و سنسورها بسیار حائز اهمیت است.

محصول شرکت دانش‌بنیان صنعت‌آفرینان زرین‌پوشش نشان می‌دهد که ترکیب طلا با ذرات نانوالماس در قالب یک پوشش نانوساختار می‌تواند راهکاری عملی، اقتصادی و صنعتی برای ارتقاء هم‌زمان خواص مکانیکی، الکتریکی و اپتیکی قطعات پیشرفته باشد. مقدمه

در عصر فناوری‌های پیشرفته، عملکرد و دوام قطعات الکترونیکی، مخابراتی، اپتیکی، زیستی و نظامی به‌طور مستقیم به کیفیت سطح آن‌ها وابسته است. سطح یک قطعه اولین نقطه تماس با محیط اطراف بوده و نقش مهمی در انتقال سیگنال، تبادل حرارت، واکنش‌های شیمیایی و سازگاری زیستی ایفا می‌کند. از این‌رو، مهندسی سطح به‌عنوان شاخه‌ای تخصصی از علم مواد، به‌دنبال اصلاح و بهبود خواص سطحی مواد برای ارتقای عملکرد آن‌ها در کاربردهای خاص است. یکی از روش‌های مؤثر در این حوزه، آَبکاری الکتریکی فلزات گرانبها بر روی سطوح قطعات حساس و دقیق است؛ روشی که ضمن ایجاد پوششی یکنواخت و پایدار، خواص شیمیایی و فیزیکی منحصربه‌فردی را به سطح اضافه می‌کند.[۱].

آَبکاری الکتریکی فرآیندی الکتروشیمیایی است که طی آن با عبور جریان الکتریکی از یک محلول الکترولیتی، یون‌های فلزی بر روی سطح قطعه هدف رسوب داده می‌شوند. این روش امکان کنترل دقیق ضخامت، یکنواختی و خلوص لایه پوششی را فراهم کرده و برای فلزات گرانبهایی چون طلا، نقره، پالادیم، پلاتین و رودیوم کاربرد فراوان دارد. پوشش‌دهی با این فلزات نه‌تنها عملکرد فنی قطعه را بهبود می‌بخشد، بلکه آن را در برابر شرایط سخت محیطی و شیمیایی محافظت می‌کند.

خواص منحصربه‌فرد فلزات گرانبها

فلزات گرانبها به‌دلیل ساختار بلوری منظم، انرژی‌های پیوند بالا و آرایش الکترونی خاص، خواص فیزیکی و شیمیایی متمایز از خود نشان می‌دهند:

*رسانایی الکتریکی بالا: طلا و نقره به ترتیب در رتبه اول و دوم بالاترین رسانایی الکتریکی در میان تمام فلزات قرار دارند. این ویژگی به پدیده پلاسمون‌های سطحی مربوط می‌شود که در مقیاس نانو، موجب تحریک نوسانات دسته‌جمعی الکترون‌های آزاد و در نتیجه انتقال مؤثر سیگنال‌های الکتریکی با حداقل تلفات انرژی می‌شود.

* مقاومت در برابر خوردگی و اکسید شدن: برخلاف بسیاری از فلزات دیگر، فلزات گرانبها به‌آسانی با اکسیژن و سایر عوامل خورنده واکنش نمی‌دهند. این ویژگی باعث می‌شود تا پوشش آن‌ها در طول زمان خواص خود را حفظ کرده و از قطعه زیرین در برابر زنگ‌زدگی، سایش شیمیایی و اکسیداسیون محافظت کند.

* زیست‌سازگاری بالا: طلا، پلاتین و پالادیم در تماس با بافت‌های زنده کم‌ترین واکنش ایمنی را ایجاد می‌کنند. این خاصیت آن‌ها را برای کاربردهای پزشکی از جمله در ساخت ایمپلنت‌ها و الکترودهای بیولوژیکی مناسب می‌سازد.

* خواص نوری و اپتیکی خاص: نقره و طلا در محدوده‌های مشخصی از طیف نوری دارای بازتابش بالا یا جذب قابل کنترل هستند. این ویژگی در طراحی آینه‌ها، فیلترهای نوری و نانوساختارهای اپتیکی کاربرد دارد.

کاربردها در صنایع پیشرفته

۱. الکترونیک و مخابرات:

در تجهیزات الکترونیکی و مخابراتی، کیفیت تماس‌های الکتریکی و ثبات انتقال

سیگنال از اهمیت بالایی برخوردار است. پوشش‌دهی قطعاتی مانند پایه‌های IC، کانکتورها، سوکت‌ها و مدارات RF با طلا یا پالادیم باعث کاهش مقاومت تماس، جلوگیری از اکسید شدن و افزایش قابلیت اطمینان بلندمدت می‌شود. همچنین، در مدارهای فرکانس بالا، وجود فلزات گرانبها نقش مهمی در کاهش نویز و افزایش دقت سیگنال‌ها دارد.

۲. صنایع اپتیک و فوتونیک:

پوشش‌دهی اپتیکی با طلا، نقره یا رودیوم نقش کلیدی در بهینه‌سازی عملکرد نوری سطوح دارد. آینه‌های دقیق، فیلترهای نانوپلاسمونی، لایه‌های بازتاب‌دهنده یا عبوردهنده نور و حتی پوشش‌های ضدانعکاس، همگی از خواص نوری فلزات گرانبها بهره می‌برند. برای مثال، پوشش نقره با بازتابش نزدیک به ۹۸٪ در ناحیه مرئی، گزینه‌ای ایده‌آل برای ساخت آینه‌های دقیق در تجهیزات اپتیکی و لیزری است.

۳. مهندسی پزشکی:

در پزشکی نوین، نیاز به قطعات زیست‌سازگار، مقاوم و دقیق بیش از پیش محسوس است. پوشش‌دهی ایمپلنت‌ها، سیم‌های تحریک عصبی، ابزارهای جراحی و حسگرهای زیستی با طلا یا پلاتین، امکان کاهش واکنش‌های التهابی، افزایش دوام و جلوگیری از خوردگی در محیط زیستی بدن را فراهم می‌آورد. همچنین در نانوپزشکی، نانوذرات طلا به‌عنوان حامل دارو یا ماده کنتراست تصویربرداری مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۴. صنایع نظامی و هوافضا:

در صنایع نظامی و فضایی، عملکرد پایدار قطعات در شرایط بسیار سخت ضروری است. مقاومت بالا در برابر دما، رطوبت، خوردگی و تغییرات فشار از الزامات این حوزه است. آَبکاری فلزات گرانبها بر روی قطعات حساس مانند بردهای کنترل موشک، رادارها، سنسورها و اتصالات الکترونیکی، تضمین‌کننده عملکرد دقیق در طولانی‌مدت و تحت شرایط عملیاتی دشوار است.



انواع قطعات پوشش‌دهی شده و مورد استفاده در صنایع الکترونیک، مهندسی

پزشکی، اپتیک و نظامی

شرکت دانش‌بنیان صنعت‌آفرینان زرین‌پوشش توانسته‌است در کنار ارائه خدمات پوشش‌دهی این فلزات بر روی سطوح مختلف رسانا و نارسانا، الکتrolیت‌های مورد نیاز جهت پوشش‌دهی فلزات گرانبها شامل فلزات گروه پلاتین، طلا و نقره و یا حتی فلزات نیمه‌گرانبها همچون نیکل و مس را تولید نماید. چالش اصلی در استفاده از پوشش‌های نازک طلا، پایین بودن مقاومت مکانیکی آن در برابر سایش و مخاطرات فیزیکی است. استفاده از نانومواد با سختی و مقاومت به سایش بالا، به‌ویژه نانوالماس، در تقویت خواص این پوشش‌ها، یکی از راهکارهای نوین در این حوزه محسوب می‌شود.

بررسی‌های انجام‌شده در واحد تحقیق و توسعه شرکت صنعت آفرینان زرین‌پوشش به‌خوبی نشان‌داده‌است که، محصول ساخته شده تحت عنوان الکترولیت پوشش‌دهی کامپوزیت طلا-نانوالماس و لایه‌نشانی این پوشش برروی قطعات مختلف الکترونیکی، مخابراتی، مهندسی‌پزشکی ، اپتیکی و نظامی سبب تقویت و بهبود خواص مکانیکی و شیمیایی این نوع قطعات می‌شود. در حقیقت این نوع پوشش علی‌رغم مقاومت به سایش و سختی دو برابری، قابلیت انعکاس نور و رسانایی الکتریکی بیشتر نسبت به پوشش طلای خالص همان میزان مقاومت به خوردگی و اکسایش را دارا می‌باشد.

پیشینهٔ پژوهش

برای مثال، مطالعات انجام‌شده توسط Sharma و همکارانش در سال ۲۰۱۳ [۲]، نشان داد که افزودن نانوالماس به حمام آبکاری طلا می‌تواند منجر به بهبود مقاومت سایشی و کاهش ترک‌خوردگی در پوشش‌ها شود. همچنین، پژوهش Zhang و همکاران (۲۰۱۱) [۳] بر روی ترکیب پوشش‌های طلا با نانوالماس نشان داد که سختی سطحی و مقاومت به سایش این پوشش‌ها به طور قابل توجهی افزایش یافته است.

در ایالات متحده و ژاپن، صنایع دفاعی و پزشکی سرمایه‌گذاری‌های قابل توجهی در توسعه پوشش‌های نانو‌ساختار بر پایه فلزات گرانبها داشته‌اند. این پوشش‌ها در تولید اتصالات الکترونیکی با دقت بالا، سنسورهای زیستی و اجزای حساس تجهیزات نظامی به کار گرفته شده‌اند. به‌طور خاص، ترکیب نانوالماس به‌عنوان افزودنی در پوشش‌های فلزی در چندین ثبت اختراع صنعتی به ثبت رسیده است که نشان از اهمیت تجاری و علمی این فناوری دارد.

روش پژوهش

محلول های لایه نشانی طلا به روش آبکاری الکتریکی به صورت دو نوع کلی فلش گلد (زینتی) و هاردگلد(طلای سخت) توسط کمپانی های بزرگ محلول سازی همچون لگور، متاکم، سیلورشاین و ... تولید می شود . دستیابی به فرمولاسیون این محلول ها از طریق جستجو و تحقیق در منابع و پایگاه های علمی به روز انجام شده است و دستیابی به بهترین فرمولاسیون محلول ها و همچنین بهینه سازی فرایند آبکاری نیازمند بارها آزمون و خطا و بررسی کیفیت و کمیت پوشش با استفاده از آنالیز های مختلف کمی و کیفی همچون XRD (بلورنگاری پرتو ایکس) ، EDS(طیف سنجی پراش انرژی پرتو ایکس) ، SEM (میکروسکوپ الکترونی روبشی) ، گونیواسپکتروفوتومتری، میکروسختی سنجی و بررسی مقاومت الکتریکی پوشش بوده است. که پس از طی این مراحل محلول تولید شده و پوشش های حاصله تاییدیه دانش بنیان را دریافت کرده است . اما با توجه به نیاز صنایع برق و الکترونیک به کاهش هرچه بیشتر مقاومت الکتریکی و افزایش رسانایی در عین سختی بالا تصمیم به ارتقاء عملکرد الکترولیت طلا و تعریف شرایط جدید فرایند لایه نشانی گرفتیم.

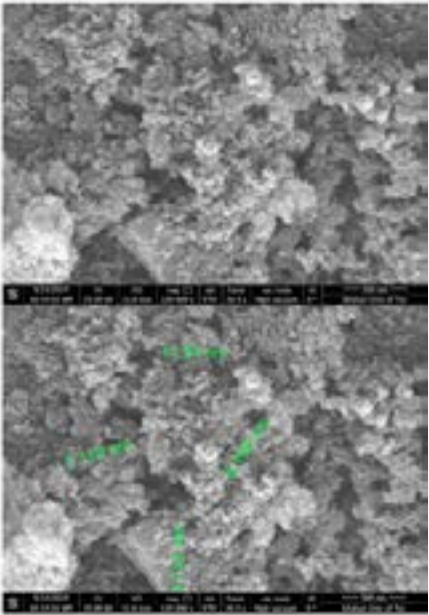
یافته‌های پژوهش

پوشش دهی طلا بر روی قطعات مختلف با استفاده از روش های متفاوت همچون CVD ، PVD ، اسپری ، غوطه وری در مذاب و آبکاری الکتریکی قابل انجام است . در میان روش های فوق کارآمد ترین ، سریع ترین و مقرون به صرفه ترین روش ، فرایند آبکاری الکتریکی می باشد . تولیدکنندگان مطرح الکترولیت های آبکاری طلای سخت (برپایه نیکل یا کبالت) کمپانی های لگور (ایتالیا)، متاکم (آلمان) و سیلورشاین(آلمان) می باشند .

تولید این نوع پوشش کامپوزیتی با خواص منحصربه فرد پادشده و الکترولیت مخصوص آن با نام الکترولیت دیاگلد متازر ابداعی از شرکت دانش‌بنیان صنعت آفرینان زرین پوشش می باشد. این نوع پوشش بر خلاف پوشش های طلای سخت بر پایه نیکل هیچ گونه حساسیتی برای انسان ندارد و همچنین بر خلاف پوشش های طلای سخت بر پایه کبالت علی رغم سختی و مقاومت به سایش بالا صافی سطح ، رسانایی و قدرت بازتاب نور بیشتری دارد که سبب بهبود عملکرد قطعات مورد استفاده در تولید مدار های الکترونیکی، مخابراتی ، و تجهیزات نظامی ، مهندسی پزشکی و تجهیزات نوری ولیزری می‌شود.

با توجه به مطالعات و بررسی های انجام شده ذرات نانوالماس به قطر ۸ نانومتر کاندید خوبی جهت بهبود رسانایی تشخیص داده شدند. در ادامه این نانوذرات به روش سنتز شیمیایی در محیط آبی و همچنین نمک سیانید طلا با خلوص ۹۹/۹۹٪ (بدون سیانید مازاد) نیز به روش شیمیایی سنتز شده و به همراه نمک کبالت و ساینز افزودنی های معدنی به عنوان بافر و کمپلکس کننده های آلی برای به دام انداختن ذرات نانوالماس بر روی سطح قطعه به محلول اضافه می شود. انتخاب نوع ماده کمپلکس کننده و مقدار مصرف آن برای تعیین درصد نانوالماس در پوشش نهایی به میزان ۱/۵ درصد وزنی یکی از نکات کلیدی در ساخت محلول الکترولیت می‌باشد که پس از چندین ماه تحقیق و توسعه و همچنین انجام آنالیز های متعدد به نتیجه کنونی رسیده است . همچنین انجام فرایند آبکاری تحت امواج اولتراسونیک به منظور پراکندگی یکنواخت این ذرات در محلول و نشست یکنواخت آن بر روی سطح قطعه الزامی می باشد و نتیجه‌ی بهتری نسبت به انجام فرایند با استفاده از هیتراستیرر و همزن استاتیک دارد.

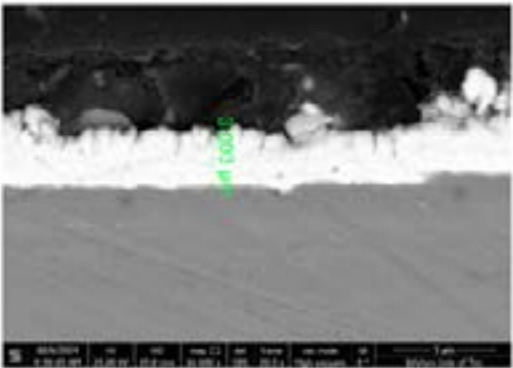
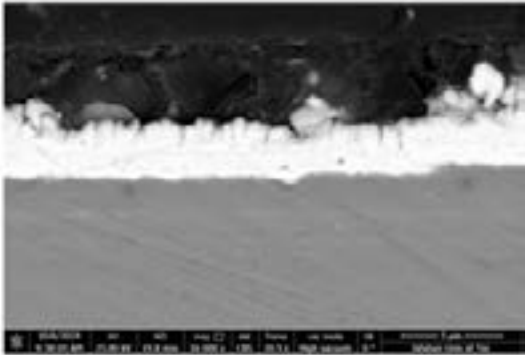
در این روش، پوشش طلا به همراه نانوذرات الماس (با ابعاد کمتر از ۱۰ نانومتر) بر روی سطح قطعه رسوب داده می‌شود. الکترولیت مورد استفاده حاوی ترکیبی از نمک‌های طلا و نانوالماس پراکنده شده به صورت یکنواخت است. با اعمال جریان مستقیم، یون‌های طلا به همراه نانوذرات بر روی سطح کاتد رسوب می‌کنند و لایه‌ای یکنواخت و مقاوم ایجاد می‌نمایند .



تصاویر SEM از ذرات نانوالماس سنتز شده به روش انفجاری

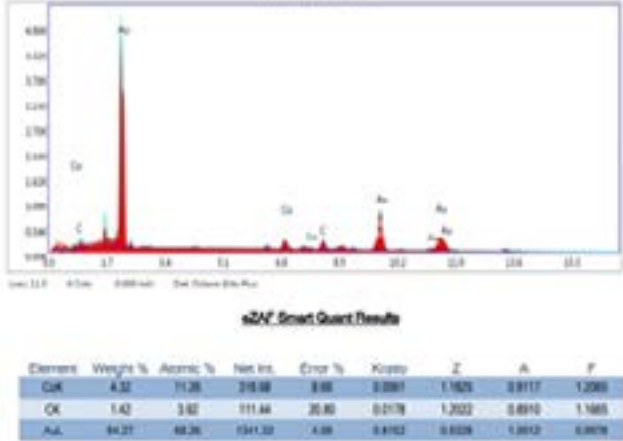
ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی پوشش ایجادشده عبارتند از :

•ضخامت نانومتری (۵۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر): با کنترل دقیق پارامترهای فرایند مانند چگالی جریان، زمان و دمای حمام، امکان دستیابی به ضخامت‌های یکنواخت در ابعاد نانومتری فراهم می‌شود.



•وجود عناصر طلا، کبالت و کربن در قالب نانوالماس در

پوشش نهایی با استفاده از آنالیز EDS تایید شد:



•افزایش مقاومت به سایش: نانوالماس‌ها به دلیل سختی بالا، به‌عنوان

تقویت‌کننده مکانیکی عمل کرده و دوام

•پوشش را تا سختی ۲۲۰ ویکرز بهبود می‌بخشند .

دقتی	تور ۱۰	زمان تست ۱۵د	تور ۳۰
Hv	10	10	100

میانگین عدد سختی

میانگین عدد سختی	میانگین عدد سختی (HV)	میانگین عدد سختی
میانگین عدد سختی	219	220

•رسانایی بالا: علی‌رغم افزودن نانوذرات الماس ، ساختار منسجم و کریستالی طلا حفظ شده و نه تنها رسانایی الکتریکی سطحی کاهش نیافته بلکه به میزان ۲۵٪ بهبود نیز یافته‌است . مقاومت سطح قطعات پوشش داده شده با طلای کامپوزیتی (نمونه شماره ۲) ۰/۰۰۳ اهم اندازه‌گیری شده است.

تعداد نمونه	جریان عبوری (A)	مقاومت الکتریکی (Ω)
نمونه ۱	۷	۰/۰۰۳
نمونه ۲	۷	۰/۰۰۳

•مقاومت به خوردگی: حضور نانوالماس باعث کاهش نفوذپذیری پوشش نسبت به یون‌های خورنده شده و مقاومت سطحی افزایش می‌یابد. درحالی که این پارامتر برای پوشش طلای خالص (نمونه شماره ۱) ۰/۰۰۴ اهم اندازه‌گیری شده است.

فرآیند تجاری سازی فناوری مهندسی سطح و بهبود عملکرد قطعات به کار رفته در صنایع دقیق از طریق تولید الکترولیت پوشش دهی کامپوزیتی طلا-نانوالماس با نام تجاری دیاگلد متازر بر پایه رویکرد مرحله‌ای و متناسب با توانمندی‌های فنی تیم تحقیق و توسعه داخلی شرکت، بازاریابی و رفع نیاز مشتریان ،امکان تجاری‌سازی و سودآوری، زیرساخت‌های حمایتی موجود و شرایط صنعت مهندسی سطح و تولید قطعات خاص صنایع دقیق طراحی شده است. از مرحله شناخت نیاز مشتریان و ایده‌پردازی اولیه تا ساخت نمونه اولیه و انجام آنالیز های آزمایشگاهی ، مسیر توسعه‌ی فناوری با هدف نهایی‌سازی و تولید انبوه محصول برای عرضه به بازارهای صنعتی و یا حتی ارائه خدمت به صنایع مختلف در این زمینه طی شده است. ارزیابی ابعاد پنج‌گانه‌ی تجاری‌سازی این محصول نشان می‌دهد که شرایط برای ورود موفق آن به بازار فراهم شده است.

پتاسیل بازاریابی محصول تولیدی به دلیل ارائه تأثیری مثبت و کارآمد بر عملکرد قطعات و مدار های مورد استفاده در صنایع دقیق و حساس در سطح بالایی ارزیابی شده‌است؛ به‌ویژه در صنایعی مانند صنایع الکترونیک، مخابرات، اپتیک، پزشکی و نظامی. ویژگی‌هایی همچون بهبود سختی و مقاومت به سایش در عین رسانایی و انعکاس نور بالا و همچنین زیست‌سازگاری این نوع پوشش این فناوری را برای بازارهای هدف بسیار جذاب و قابل رقابت کرده است.

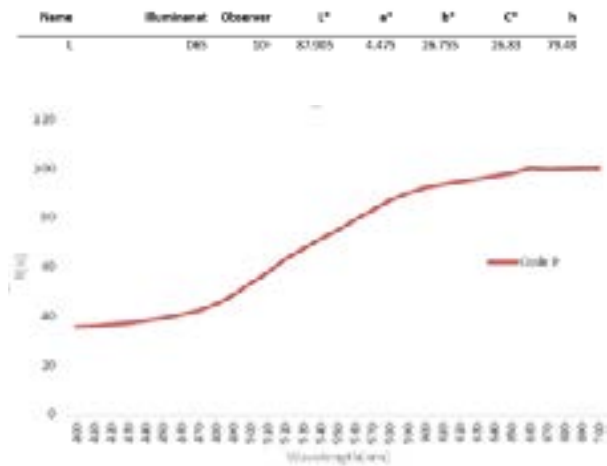
این فناوری از منظر "امکان پذ یری تجاری"، باتوجه به قیمت تمام‌شده محصول که در مقابل ویژگی های منحصر به فرد خود بسیار اقتصادی می‌باشد و همچنین نوع روش پوشش‌دهی انتخاب شده که به شدت در مقابل سایر روش های پوشش‌دهی همچون CVD و PVD مقرون‌به‌صرفه می‌باشد از مزایای مهم اقتصادی برخوردار می‌باشد.

از جهت "ویژگی‌های فنی"، محصول بومی تولید شده به سبب دارابودن توانایی بهبود بسیار مناسب عملکرد قطعات دقیق و حساس در صنایع پیشرفته نشان‌دهنده‌ی توانمندی‌های تیم فنی و تحقیق و توسعه مجرب شرکت می‌باشد.همچنین روش لایه‌نشانی انتخاب شده که به صورت آبکاری الکتریکی می‌باشد و قابل انجام با تجهیزات در دسترس و ارزان با تنظیمات دقیق می‌باشد از ویژگی های فنی برجسته محصول می‌باشد.

در پایان، در بعد "رقباً"، در بازار داخلی محصولات مشابه و قابل رقابت با الکترولیت کامپوزیت طلا-نانوالماس یافت نشد. اما در بازار خارجی محصولات مشابه آلمانی و ایتالیایی به ندرت یافت می‌شوند که باتوجه به عدم پشتیبانی از محصول و ارائه خدمات پس از فروش و همچنین هزینه‌های بالا جهت تهیه و واردات محصول تمایل بازار داخلی به استفاده از محصولات بومی می‌باشد .

ویژگی‌های فنی

الکترولیت دیاگلد متازر قابلیت لایه نشانی پوشش کامپوزیتی طلا-کبالت-نانوالماس به ضخامت ۰/۰۵ تا ۰/۱ میکرون بر روی سطوح هادی مختلف را دارا می باشد. پوشش حاصل نسبت به پوشش های معمولی طلا (پوشش طلای خالص) دارای سختی بیشتر ، مقاومت الکتریکی کمتر و قدرت انعکاس نور بیشتر می باشد. همچنین هیچ کدام از اجزاء پوشش کامپوزیتی (طلا ، کبالت و ذرات نانوالماس) سبب ایجاد حساسیت در بدن انسان نمی شود و بنابراین این نوع پوشش جهت بهبود عملکرد قطعات به کار رفته در صنایع دقیق همچون مدار های الکترونیکی، مخابراتی ، لیزری و مهندسی پزشکی مورد استفاده قرار می گیرد پوشش حاصل از لایه نشانی به وسیله این محلول و طبق شرایط بهینه شده بسته به مدت زمان فرایند الکتروپلیتینگ می تواند ضخامتی بین ۵۰ تا ۱۰۰ نانومتر داشته باشد که سختی آن ۲۲۰ ویکرز و مقاومت الکتریکی آن ۰/۰۰۳ اهم در مقابل جریان ۷ آمپر اندازه گیری شده است و هیچ گونه سمیت یا حساسیت بیولوژیکی ندارد. همچنین با توجه به آنالیز گونیواسپکتروفوتومتری پارامتر I_r مربوط به خاصیت انعکاس نور طبق استاندارد CIELAB آمریکا از عدد ۸۵/۹۰۷ به ۸۷/۹۰۵ افزایش پیدا کرده است که نشان‌دهنده بهبود خواص بازتابش نور پوشش می باشد.



بحث و نتیجه‌گیری

پوشش طلای سخت تقویت‌شده با نانوالماس تولید شده در شرکت زرین پوشش و لایه‌نشانی شده به روش آبکاری الکتریکی، پوششی کارآمد برای ارتقای ویژگی‌های عملکردی قطعات حساس در صنایع پیشرفته است. این پوشش ضمن حفظ رسانایی بالا، مقاومت چشمگیری در برابر سایش و خوردگی ایجاد کرده و عمر مفید قطعات را افزایش می‌دهد. توسعه این فناوری می‌تواند نقش مؤثری در بهبود کارایی تجهیزات پیشرفته داشته باشد پوشش حاصل از لایه نشانی به وسیله این محلول و طبق شرایط بهینه شده بسته به مدت زمان فرایند الکتروپلیتینگ می تواند ضخامتی بین ۵۰ تا ۱۰۰ نانومتر داشته باشد که سختی آن ۲۲۰ ویکرز و مقاومت الکتریکی آن ۰/۰۰۳ اهم در مقابل جریان ۷ آمپر اندازه گیری شده است و هیچ گونه سمیت یا حساسیت بیولوژیکی ندارد. همچنین با توجه به آنالیز گونیواسپکتروفوتومتری پارامتر I_r مربوط به خاصیت انعکاس نور طبق استاندارد CIELAB آمریکا از عدد ۸۵/۹۰۷ به ۸۷/۹۰۵ افزایش پیدا کرده است که نشان دهنده بهبود خواص بازتابش نور پوشش می باشد. و در نتیجه این نوع پوشش کامپوزیتی تولیدی می تواند در ساخت عدسی ها و تجهیزات مورد استفاده در لیزر ها و تجهیزات نوری به کار رود..

منابع

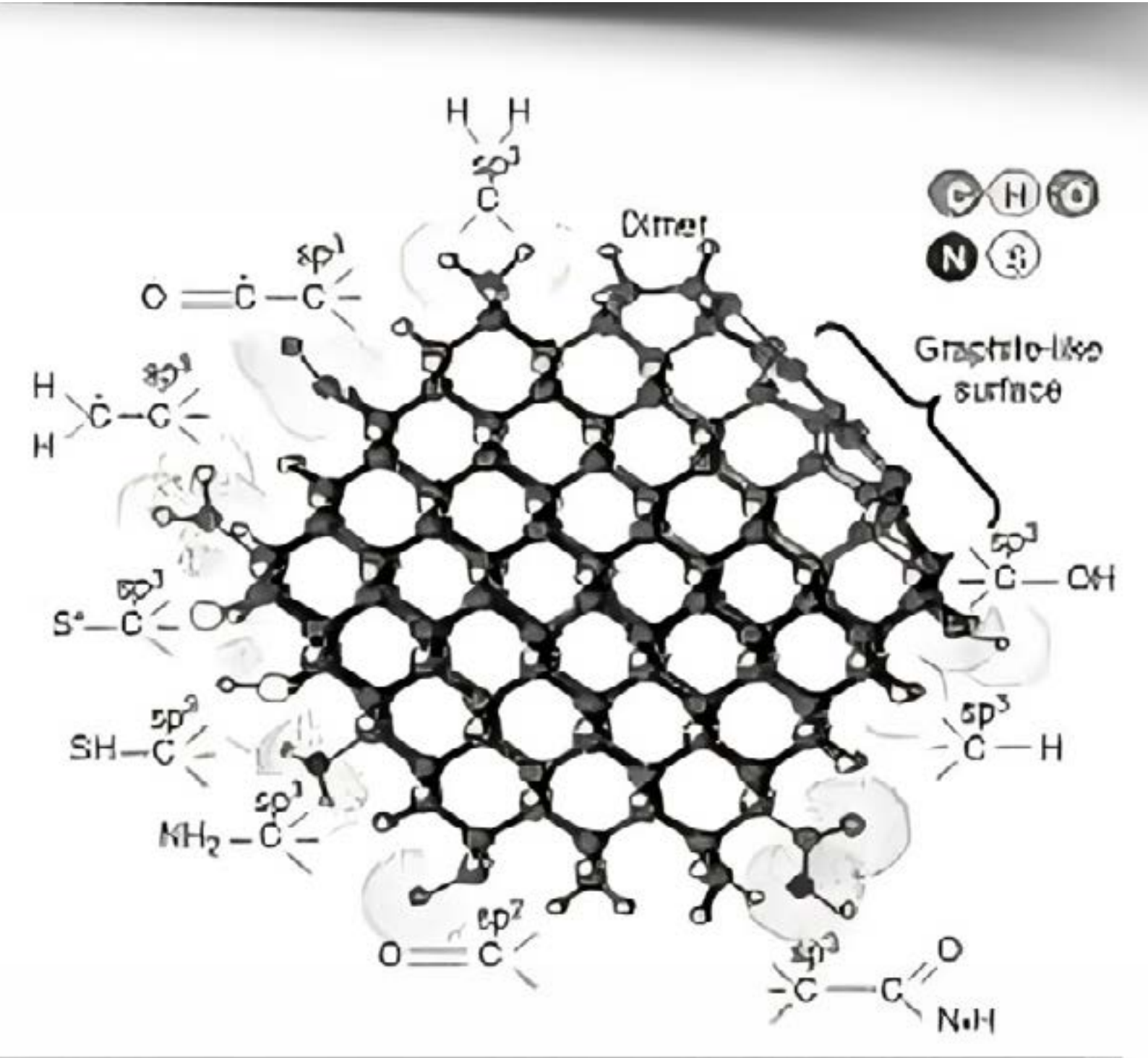
[۱] R. L. Fleischer, "Gold coatings for electronic components", *Journal of Materials Science*, vol ۳۲, no. ۴, pp. ۱۰۵۷-۱۰۶۵, ۲۰۱۰.

[۲] A. K. Sharma et al., "Electrodeposition of nanodiamond reinforced gold coatings", *Surface & Coatings Technology*, vol ۲۲۰, pp. ۴۵-۵۲, ۲۰۱۲.

[۳] J. Zhang et al., "Wear resistance of nanodiamond composite coatings", *Materials Letters*, vol. ۶۵, pp. ۲۷۶۳-۲۷۶۵, ۲۰۱۱.

[۴] M. Yu et al., "Electrical properties of gold films with nanodiamond additives", *Thin Solid Films*, vol. ۵۱۹, no. ۵, pp. ۱۷۵۱-۱۷۵۶, ۲۰۱۱.

[۵] T. Lee et al., "Corrosion behavior of nanocomposite coatings", *Electrochimica Acta*, vol ۹۰, pp. ۴۸۹-۴۹۵, ۲۰۱۲.



بازسازی و پوشش دهی سطوح بال ولوهای ۳۲ اینچ

با استفاده فرایند الکترولس نیکل – فسفر و پاشش

حرارتی تنگستن – کبالت – کروم

نویسنده مهدی صالحی ، میثم صادقی محمد حسین بینا، حمید غفاری
۱- استاد تمام دانشکده مهندسی مواد دانشگاه صنعتی اصفهان، مدیرعامل و رییس هیات مدیره شرکت پودرافشان @poudrafshan
gmail.com
۲- کارشناسی ارشد مهندسی انرژی، مدیرعامل شرکت فراسو سپهر آریا،
info@farasa-co.com
سایت:https://poudrafshan.ir

مقدمه

خوردگی و سایش از عمده‌ترین دلایل تخریب در صنعت بشمار می آیند. در این تخریب‌ها از بین رفتن حجم بسیار کمی از تجهیزات منجر به غیرقابل استفاده شدن و در نهایت تعویض آنها می‌شود. در بسیاری از موارد محدودیت‌های اقتصادی و در برخی موارد محدودیت‌های شکل‌دهی، امکان استفاده از مواد مستحکم‌تر در ساخت این تجهیزات را نمی‌دهند. در این موارد، یکی از راه‌کارهای مقابله با اثرات مخرب خوردگی و سایش، اعمال یک عملیات خاص و ویژه نظیر استفاده از پوشش هاست[۱].

یکی از این تجهیزات مهم در صنعت نفت و گاز، بال ولوهای عظیم الجثه می باشد. این بال ولوها توسط تکنولوژی های پیشرفته تولید و پوشش دهی می شوند. تحقیقات نشان می دهد که جهت افزایش مقاومت به خوردگی و سایش این بال ولوها از پوشش های الکترولس نیکل- فسفر و پاشش حرارتی کاربید تنگستن- کبالت- کروم استفاده می گردد [۲].

در روش پوشش‌دهی الکترولس، رسوب فلز به وسیله احیاء یون‌های فلزی موجود در حمام توسط عامل احیاء کننده و بدون اعمال جریان خارجی انجام می‌شود [۳،۴]. از نظر تاریخی، فرایند رسوب‌دهی نیکل از سال ۱۸۴۴ میلادی توسط ورتن [۵،۶]، که احیای یون‌های ۲+Ni به نیکل متخلخل فلزی را کشف کرد، آغاز شد و متعاقباً بالای یکصد سال بعد از آن توسط برنر و ریدل [۷]، توسعه یافت و آزمایشاتی برای رسوب‌دهی Ni-P روی فولاد کربنی بدون کمک گرفتن از جریان الکتریکی انجام گرفت. مطالعات توسط دانکن [۸]، کولاروتولو [۹]، مینیر و همکاران [۱۰]، تالین [۱۱]، ویل و همکاران [۱۲]، مینیر و آرانئوجو [۱۳]، دلانویس و همکاران [۱۴]، لیو و همکاران [۱۵] و بادرنند [۱۶] نشان دادند که سرعت پیشرفت و کاربرد پوشش‌های Ni-P از سال ۱۹۸۰ میلادی در چندین بخش صنعتی افزایش داشته است.

این پوشش به دلیل فرایند ساخت و ترکیب منحصر به فرد، داراي ضخامتي یکنواخت و خواصي نظیر مقاومت به خوردگي بالا، مقاومت سایشی عالی و خواص غیر مغناطیسی است [۳،۴]. عملکرد عالی و خواص بی نظیر این پوشش منجر به استفاده آن در صنایع مختلف از جمله نفت و گاز، پتروشیمی، خودروسازی و هوا- فضا شده است [۱۷].

پوشش های پاشش حرارتی HVOF کاربید تنگستن- کبالت- کروم (Cr۴-CO۱۰-WC)، نیز برای محافظت مواد در مقابل خوردگی و سایش و به منظور ترمیم قطعات سایش یافته در صنایع مذکور کاربرد گسترده ای دارند [۱۸]. در فرآیند پاشش حرارتی، ماده اولیه پاشش به صورت پودر یا سیم از میان یک منبع گرمایی با دمای بالا عبور می کند و به حالت مذاب یا نیمه مذاب تبدیل می شود و در نهایت با سرعت بالا بر روی سطح آماده شده جهت ایجاد لایه پوشش انتقال داده می شود. پاشش حرارتی به روش های پاشش شعله ای، قوسی الکتریکی، پلاسمایی و روش های سرعت بالا انجام می گیرد [۱۹]. برای پوشش دهی کاربید تنگستن- کبالت- کروم عمدتاً از روش های پاشش حرارتی سرعت بالا استفاده شده است. برای این منظور روش های تفنگ انفجاری [۲۰]، و بویژه روش های سرعت بالای HVOF [۲۲-۲۰]، استفاده شده است. در روش HVOF، سوخت و اکسیژن در یک محفظه مخلوط کننده وارد شده و سپس در این محفظه تحت فشار بالا محترق می گردد. ماده پوشش به صورت پودر توسط گاز حامل خنثی نظیر گاز آرگون یا نیتروژن به داخل محفظه تزریق می شود. موج حاصل از انفجار، ذرات را با سرعت مافوق صوت به سمت سطح قطعه پرتاب می کند و با پهن شدن ذرات روی سطح، لایه پوشش تشکیل می گردد. در روش HVOF تخلخل بسیار کم، کیفیت بالا و استحکام پیوند زیاد می باشد [۲۴]. پوشش کاربید تنگستن- کبالت- کروم ایجاد شده به روش HVOF به عنوان یک جایگزین مناسب برای سخت کاری کروم در کاربردهای خوردگی و سایش می باشند که از جنبه زیست محیطی نیز قابل توجه است. اضافه نمودن کروم به WC-Co، از تجزیه WC و نیز تشکیل تنگستن فلزی جلوگیری می کند. علاوه بر این افزودن کروم، چسبیدن کاربیده‌ها به زمینه کبالت را بهبود می بخشد و نیز مقاومت به خوردگی را در مقایسه با پوشش های WC-Co بهتر می‌کند [۲۰، ۲۱]. -

۲- مواد و روش تحقیق

سطح خارجی و آب بند بال های ۳۲ اینچ به کار رفته در سکوهای گازی از طریق پاشش حرارتی کاربید تنگستن- کبالت- کروم توسط شرکت پودرافشان و سایر سطوح بال به روش الکترولس نیکل- فسفر توسط شرکت فراسو سپهر آریا پوشش داده شده است. تعمیر و بازسازی این سطوح شامل مراحل زیر می باشد:

۱-	تهیه اسناد و مدارک مرتبط با پوشش دهی بال ها
۲-	بازرسی غیرمخرب سطوح و تشخیص عیوب احتمالی
۳-	ابعاد برداری دقیق و مطابقت دادن ابعاد با اسناد و مدارک موجود
۴-	تعیین ضخامت و ترکیب شیمیایی پوشش های مورد نیاز و مطابقت دادن این پارامترها با اسناد و مدارک موجود
۵-	ساخت تجهیزات پوشش دهی از قبیل فیکسچر، حمام پوشش دهی الکترولس نیکل- فسفر و ...
۶-	حذف پوشش های معیوب و اصلاح زیرلایه فولادی توسط فرآیند جوشکاری
۷-	انجام عملیات حرارتی تنش گیری به صورت موضعی بر روی مناطق جوشکاری شده
۸-	انجام فرآیند سنگ زنی، پولش و سندبلاست جهت ایجاد سطح مناسب برای پوشش دهی
۹-	اعمال پوشش الکترولس نیکل- فسفر بر اساس اسناد، مدارک و اسنادردهای موجود
۱۰-	انجام عملیات حرارتی در دمای ۴۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱ ساعت
۱۱-	عملیات ماسکینگ پوشش الکترولس نیکل- فسفر و اعمال پوشش کاربید تنگستن- کبالت- کروم به روش HVOF
۱۲-	انجام فرآیند سنگ زنی و پولش نهایی سطح پوشش کاربید تنگستن- کبالت- کروم
۱۳-	بازرسی نهایی و تأیید سطوح بازسازی شده

جهت پوشش دهی الکترولس نیکل- فسفر، برای اولین بار حمام الکترولس نیکل- فسفر با قابلیت پوشش دهی بال ۲۲ اینچ ساخته شد و پوشش الکترولس نیکل- فسفر مطابق با اسپک و استاندارد ASTM B۷۳۲ اعمال گردید. عملیات پوشش دهی در pH برابر ۴/۶ و دمای ۸۵ درجه سانتیگراد صورت گرفت. عملیات حرارتی پوشش نیز در دمای ۴۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱ ساعت انجام پذیرفت. بر روی پوشش ایجاد شده آزمون های غیرمخرب زبری سنجی، PMI و ضخامت سنجی انجام شد و جهت بررسی پارامترهای مربوط به این پوشش و مقایسه آن با مدارک و استانداردهای موجود، از نمونه های شاهد نیز استفاده گردید. نمونه های شاهد به صورت دیسک باضخامت mm۵ و قطر mm۵۰ ازجنس فولاد Ck۴۵ تهیه شدند. جهت بررسی مورفولوژی و آنالیز عنصری سطح نمونه های شاهد از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مجهز به آنالیزگر EDS و برای تحلیل فازی در سطح نمونه ها نیز از دستگاه پراش پرتو ایکس (XRD) استفاده شد. سختی نمونه ها نیز در مقیاس میکرو به روش ویکرز با وزن اولیه ۳۰۰ گرم اندازه گيري شد. به منظور افزایش دقت و اعتبار نتایج آزمایش میکروسختی، این آزمون ۵ مرتبه بر روی نمونه های مشابه تکرار و میانگین نتایج مورد استفاده واقع شد. جهت بررسی میزان تخلخل پوشش نیز از آزمون فروکسیل استفاده گردید.

پس از تأیید پوشش الکترولس نیکل- فسفر، عملیات ماسکینگ آن به منظور اعمال پوشش کاربید تنگستن- کبالت- کروم بر روی سطح خارجی بال (ناحیه آب بند) انجام شد. جهت ایجاد صافی سطح مناسب و بهبود چسبندگی ابتدا سطح بال، بلاست گردید و پس از شستشوی آن، پوشش کاربید تنگستن- کبالت- کروم به روش HVOF اعمال گردید. پوشش دهی بال و نمونه های شاهد با استفاده از دستگاه HVOF با نام تجاری MET JET و ساخت شرکت متالیزیشن صورت گرفت. پارامترهای مربوط به فرآیند پاشش حرارتی HVOF در جدول ۱ قابل مشاهده است. پودر کاربید تنگستن- کبالت- کروم محصول شرکت GTV آلمان با مشخصه تجاری ۸۰،۷۶،۱ با اندازه دانه ۲۰ تا ۴۵ میکرون برای پوشش دهی استفاده شد.

جدول ۱- پارامترهای پاشش حرارتی HVOF سمرت Cr۴-CO۱۰-WC									
پودر	سختی	دماي سوخت	دماي سوخت	دماي سوخت	دماي سوخت	دماي سوخت	دماي سوخت	دماي سوخت	دماي سوخت
۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr
۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr
۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr
۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr
۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr
۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr
۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr
۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr	۱۰۰-۴Cr

بازرسی چشمی بال ۳۲ اینچ نشان داد که پوشش خارجی آن (کاربید تنگستن- کبالت- کروم) کاملاً تخریب شده است (شکل۱)، اما پوشش الکترولس اعمال شده بر روی سایر سطوح از لحاظ ظاهری سالم به نظر می رسد. جهت بررسی کیفیت پوشش الکترولس نیکل- فسفر این بال، ابتدا ضخامت سنجی بر روی نقاط مختلف سطح پوشش انجام شد و سپس آزمون های متالوگرافی درجا (رپلیکا)، بر روی سطح پوشش با ضخامت های مختلف انجام گرفت.

۱-۳- بازرسی غیرمخرب									
۱-۳- بازرسی چشمی	۳۲ اینچ	نشان داد که پوشش خارجی آن (کاربید تنگستن- کبالت- کروم) کاملاً تخریب شده است (شکل۱)، اما پوشش الکترولس اعمال شده بر روی سایر سطوح از لحاظ ظاهری سالم به نظر می رسد. جهت بررسی کیفیت پوشش الکترولس نیکل- فسفر این بال، ابتدا ضخامت سنجی بر روی نقاط مختلف سطح پوشش انجام شد و سپس آزمون های متالوگرافی درجا (رپلیکا)، بر روی سطح پوشش با ضخامت های مختلف انجام گرفت.							
شکل ۱- نمایی از تخریب پوشش کاربید تنگستن- کبالت- کروم بال ۳۲ اینچ									

آزمون ضخامت سنجی صورت گرفته بر روی بال نشان داد که ضخامت پوشش بال در مناطق مختلف بین ۴۸ تا ۷۶ میکرون می باشد. تغییر ضخامت ایجاد شده می تواند در اثر توانمان خوردگی و فرسایش رخ داده باشد. یکنواختی پوشش‌های الکترولس به حدي است که حتی در اشکال پیچیده میزان تلورانس ابعادي در محدوده استانداردها، قابل قبول است و نیاز به عملیات اضافي بعدي نیز ندارد [۲۵].

جهت بررسی دقیق تر، آزمون متالوگرافی درجا (رپلیکا) در ضخامت های مختلف انجام گرفت. شکل ۲، مورفولوژی پوشش الکترولس نیکل- فسفر سطح داخلی توپی ۳۲ اینچ را در ضخامت های مختلف نشان می دهد.

همانطور که در شکل ۲-الف) و (ب) مشاهده می کنید مورفولوژی سطح پوشش در ضخامت ۷۵ میکرون-، شباهت زیادی به شکل گل کلم و یا پوست پرتقال (که براي پوشش های الکترولس نیکل-فسفر کاملاً متدوال است) دارند [۲۶]. همانطور که مشاهده می کنید مورفولوژی پوشش در این نواحی سالم به نظر می رسد، لکن حفرات کمی در روی سطح تشکیل شده اند که با افزایش کارکرد توپی در محیط گاز ترش می تواند مشکل ساز باشند.

شکل ۲- ج) و (د) تصاویر گرفته شده از پوشش سطح داخلی توپی ۳۲ اینچ با ضخامت های حدود ۶۰ میکرون را نشان می دهد. همانگونه که مشاهده می کنید حفرات در این نواحی به صورت گسترده تشکیل شده اند که این امر می تواند باعث آسیب رساندن جدی به زیرلایه توپی ۳۲ اینچ پس از قرارگیری در گاز ترش شود.

همچنین تشکیل فیلم‌های شیشه‌اي روی سطح آن‌ها باعث پسیو شدن این سطوح می شود. وجود میکروحفرات موجب می شود که مناطق بسیار کوچکی از زیرلایه در معرض محیط خورنده قرار گیرد. در چنین مواردی دانسیته جریان خوردگی بسیار زیاد خواهد بود[۲۷].

ضخامت پوشش نیز از جمله عوامل مؤثر در مقدار حفرات و در نهایت رفتار خوردگي پوشش است.

هر چه پوشش به دست آمده داري ضخامت بيشتري باشد مقاومت خوردگي آن افزايش مي‌يابد. اين اثر را مي‌توان ناشي از دو پارامتر دانست. يکي کاهش اندازه حفره‌ها و تعداد آن‌ها و ديگري کاهش قطر حفره‌ها و تخلخل، با ضخيم‌تر شدن پوشش به‌طوري‌که حفره‌ها سريعاً به وسيله محصولات خوردگي مسدود و بلوکه مي‌شوند و در نتيجه، مانع خوردگي شديد زمينه می شوند. در نتيجه با کاهش ضخامت پوشش امکان ايجاد حفرات شدت يافته و اين امر باعث کاهش مقاومت به خوردگی پوشش می گردد[۲۸].

همچنين شکل ۲-(ج) نشان می دهد که، ذرات ساينده همراه گاز ترش باعث ايجاد سايش از نوع فرسايش بر روی پوشش شده است. اين امر با کاهش ضخامت پوشش محسوس تر می باشد.

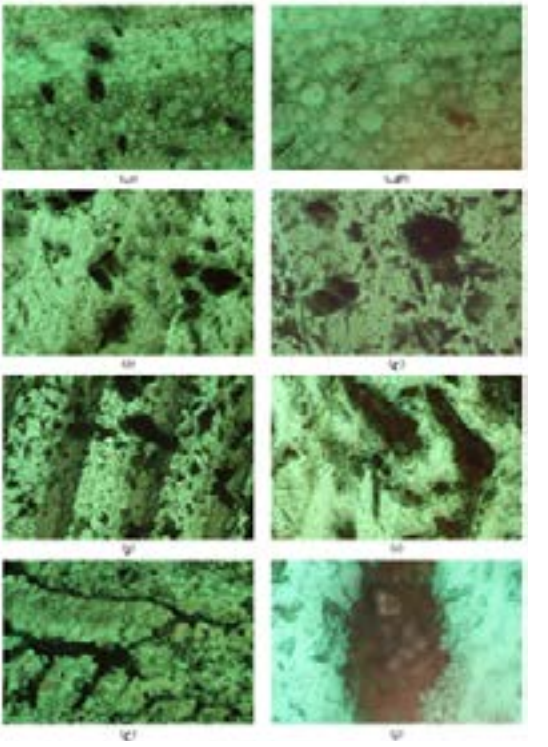
شکل ۲- (ه) تا (ج)، تصاوير گرفته شده از پوشش سطح داخلي توپی ۳۲ اينچ با ضخامت های حدود ۵۰ ميكرون را نشان می دهد. همانگونه که مشاهده می كنيد حفرات بسيار بزرگ به خوبی قابل رويت هستند که اين حفرات می تواند باعث انهدام زود هنگام توپی پس از قرارگيري در خط توليد و تماس با گاز ترش شوند. آثار زنگ زدگی بر روی اين حفرات نیز مشخص و بارز است (شکل ۲- (ه) تا (ز)).

آثار زنگ زدگی در سطح پوشش ناشی از وقوع مکانيزم نفوذ يون های مخرب موجود در گاز ترش در فصل مشترک پوشش / زیر لايه است. هنگام نفوذ يون های مخرب موجود در گاز ترش مانند يون های کلر از پوشش به زیر لايه آهن، محصولات خوردگی از ناحيه فصل مشترک پوشش/ زیر لايه به سمت نواحي سطحي پوشش رانده شده و در نتيجه، به صورت یک لايه سطحی بر روی پوشش ظاهر می شوند. گستردگی اين نواحي در سطح پوشش داخلي توپی ۳۲ اينچ نشان دهنده حفره دار بودن بيش از حد پوشش و مقاومت به خوردگی کم آن است. علاوه بر وجود حفرات متعدد در اين ناحيه، ترک های عميق و بزرگی نیز در سطح پوشش وجود دارد (شکل ۲- (ج)).

حضور اين ترک ها می تواند باعث پوسته شدن پوشش در صورت قرارگيري مجدد در خط توليد و تماس با يون های مخرب موجود در گاز ترش گردد. حضور اين ترک ها بسيار مخاطره آميز و خطرناک می باشد.

مواد و روش تحقيق

سطح خارجي و آب بند بال های ۳۲ اينچ به کار رفته در سکوهاي گازی از طريق پاشش حرارتي کاربيد تنگستن- کبالت- کروم توسط شرکت پودرافشان و ساير سطوح بال به روش الکترولس نیکل- فسفر توسط شرکت فراسو سپهر آريا پوشش داده شده است.



شکل ۲- مورفولوژی پوشش الکترولس نیکل – فسفر در ضخامت های الف و ب (۷۵ ، ج و د) ۶۰ ، ه تا ج) ۵۰ میکرون

با توجه به آزمون های انجام شده، کلیه پوشش های موجود بر روی زیرلایه فولادی بال حذف گردید. عملیات حذف پوشش کاربيد تنگستن- کبالت- کروم، توسط تراشکاری و پوشش الکترولس نیکل- فسفر تحت عملیات آب برداری قرار گرفت. شکل ۳ نشان می دهد که پس از عملیات آب برداری، حفرات عمیق و پیوسته بر روی بال پدیدار شده است.



شکل ۳- پدیدارشدن حفرات در زیر پوشش الکترولس نیکل □ فسفر بعد از عملیات آب برداری

- ايجاد پوشش الکترولس نیکل- فسفر

پس از عملیات حذف پوشش، عملیات ترميم سطح بال توسط فرایند جوشکاری انجام شد. عملیات تنش گيري نیز انجام و سطح بال تا رسیدن به ابعاد و صافی سطح مناسب (SA۳) باربرداری و بلاست شد. سپس عملیات پوشش دهی الکترولس نیکل- فسفر بر روی بال انجام شد (شکل۴)، و خواص پوشش بال و نمونه شاهد مورد ارزیابی قرار گرفت.



شکل ۴- نمایی از سطوح پوشش داده شده توسط فرایند الکترولس نیکل-

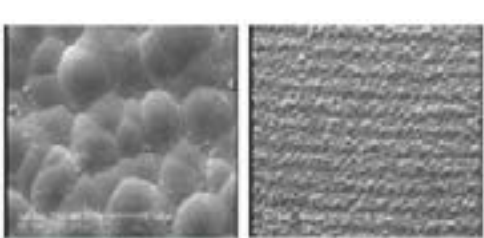
فسفر، الف) سطح داخلي و ب) قسمت هایی از سطح خارجي بال ۳۲ اينچ

۱ بررسی ضخامت و ترکیب شیمیایی بال

بر روی پوشش ايجاد شده بر روی بال ۳۲ اينچ، آزمون های غيرمخرب ضخامت سنجی و PMI انجام شد. ضخامت پوشش ايجاد شده 5 ± 80 ميكرون و میانگين ميزان نیکل موجود در پوشش الکترولس نیکل- فسفر برابر ۹۰ درصد تشخيص داده شد. جهت کار در محيط-های مهاجم و خورنده، ضخامت پوشش در محدوده ۷۵ تا ۱۲۵ ميكرون پيشنهاده شده است. نحوه تعيين ضخامت رسوب Ni-P بايستی توسط کاربر و يا به وسيله توافق مشترک بين طرفين مشخص شود. همچنین می توان از روش میکروسکوپی، مغناطیسی، آلتراسونیک و روش-های ديگر نیز استفاده گردد [۲۹]. همچنین درصد فسفر اين پوشش ها نیز بين ۹ تا ۱۱ درصد تعيين شده است [۲]. نتايج حاصله از آزمون های غيرمخرب با استاندارد و مدارک موجود مطابقت کامل دارد و جهت بررسی دقيق تر از آزمون های مخرب استفاده گرديد.

۳-۲-۲- بررسی مورفولوژي سطح نمونه شاهد

شکل ۵، تصاوير گرفته شده توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی از سطح پوشش- نیکل- فسفر بدون عملیات حرارتي (خام) را نشان مي‌دهد. همانطور که مشاهده می شود سطح پوشش بدون ترک بوده و و مورفولوژي گل کلمي شکل دارد که اين مورفولوژي از ويژگي‌هاي پوشش الکترولس نیکل- فسفر است [۲۶].



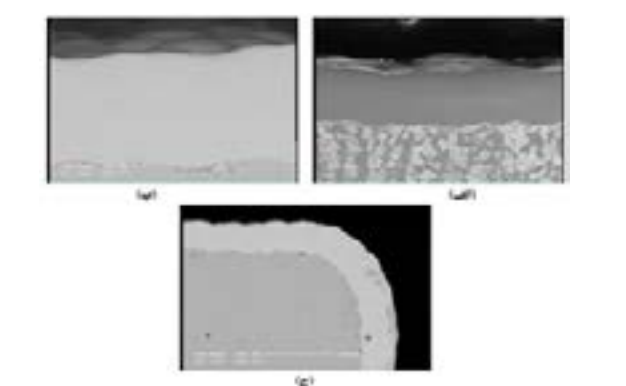
شکل ۵- تصاوير گرفته شده توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی از سطح پوشش □ خام

ايجاد شده روی نمونه شاهد در بزرگنمایی های مختلف.

۳-۲-۳- بررسی سطح مقطع پوشش-ها و اندازه-گيري ضخامت آنها

با استفاده از تصاوير حاصل از میکروسکوپ الکتروني روبشي، سطح مقطع پوشش- بدون عملیات حرارتي (خام) ايجاد شده روی نمونه شاهد، مورد بررسی قرار گرفت و از روی اين تصاوير، میانگين ضخامت پوشش اندازه گيري شد.

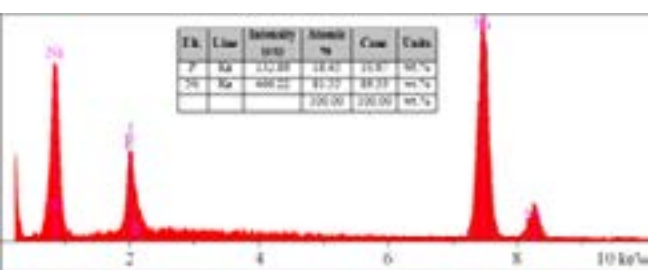
شکل ۶ سطح مقطع پوشش- خام را در حالت بدون عملیات حرارتي نشان مي دهند. همانطور که در اين شکل مشاهده مي‌شود، پوششي به ضخامت ۸۵ ميكرون به طور پيوسته و يکنواخت با چسبندگي مناسب بر روی سطح زیرلایه شکل گرفته است. در شکل ۶- الف و ب، زیرلایه فولادي، ضخامت و مرفولوژي پوشش کاملاً مشخص است. در روش پوشش‌دهي الکترولس از آنجا که از جريان الکتريکي استفاده نمي‌شود، نقاط تمرکز جريان الکتريکي در سطح قطعه ايجاد نمي‌شود و براي همين پوشش کاملاً يکنواخت بوده و اثرات لبه در آن مشاهده نمي‌شود (شکل ۶- ج) [۲۸].



شکل ۶- تصاوير گرفته شده توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی از سطح مقطع پوشش خام ايجاد شده روی نمونه شاهد.

- درصد فسفر پوشش

ترکیب شیمیایی سطح پوشش- ايجاد شده روی نمونه شاهد، با استفاده از آناليز نقطه اي EDS، مشخص و در شکل ۷ نشان داده شده است. درصد فسفر موجود در پوشش ۶۷/۱۰ درصد است که اين ميزان، با نتايج حاصل از PMI مطابقت دارد. اين درصد فسفر مربوط به پوشش هاي آمورف می باشد[۳۰].

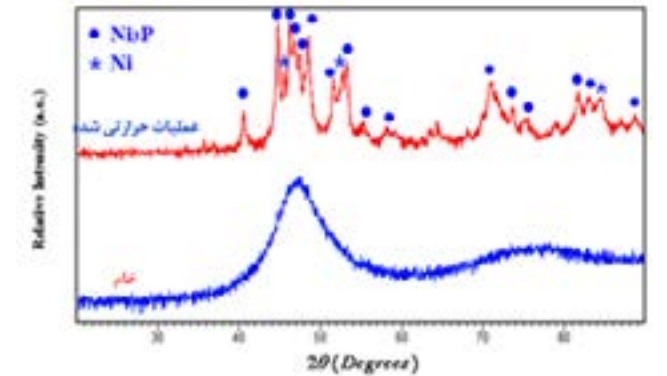


شکل ۷- آناليز نقطه اي EDS پوشش ايجاد شده روی زیرلایه فولادي نمونه شاهد

۳-۲-۵- ساختار پوشش

شکل ۸ نتایج آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD) پوشش هاي الکترولس نیکل- فسفر ایجاد روی نمونه های شاهد را در دو حالت خام و عملیات حرارتی شده را نشان مي دهد. الگوي تفرق پوشش خام شباهت زیادی با الگوهاي تفرق پوشش هاي حاوي ۱۰ تا ۱۴ درصد فسفر، حاصل از نتایج کنونگ و همکاران [۳۱] دارد. آنها معتقدند که اینگونه الگوهاي تفرق، مربوط به پوشش هاي آمورف مي باشند[۳۱]. همانطور که مشاهده می شود الگوی تفرق اشعه ایکس پوشش نمونه شاهد در حالت خام دارای یک پیک زمینه پهن در زاوایاي تفرق بین ۳۵ تا ۵۵ درجه است که این پیک مربوط به فاز آمورف پوشش می باشد.

نتایج XRD از سطح پوشش عملیات حرارتي شده نیز بیانگر تغییر کامل ساختار آنها نسبت به حالت خام مي باشد، بدین معني که به جاي اثرات آمورف، پیک هاي واضحي از دو فاز نیکل کریستالي (با شبکه FCC) و فسفید نیکل (Ni۳P با شبکه تتراگونال) در نمودارهاي تفرق مشاهده مي گردد. براساس نظرات برخي محققين [۳۰،۳۲]، حداقل دمائي لازم براي وقوع استحاله آمورف به کریستالي در پوشش نیکل- فسفر حدود ۳۰۰ تا ۳۵۰ درجه سانتیگراد بوده و افزایش دمائي عملیات منجر به کریستاله شدن بیشتر پوشش (کاهش زمینه تفرق و افزایش تعداد و شدت پیک هاي Ni و Ni۳P) مي گردد. نتایج پراش پرتو ایکس، با نتایج حاصله از EDS (شکل ۷) تطابق خوبی دارند.



شکل ۸- الگوي پراش پرتو ایکس پوشش هاي الکترولس نیکل-فسفر ایجاد روی نمونه های شاهد در دو حالت خام و عملیات حرارتی شده

۳-۲-۶- میکروسختي

میکروسختي پوشش هاي Ni-P قبل و بعد از عملیات حرارتي، اندازه-گيري و با یکدیگر مقایسه شده است. میانگین میکروسختي پوشش اولیه، ۴۹۵ ویکرز است که تقریباً معادل با بسياري از فولادهاي آلیاژي سخت شده مي-باشد. پس از اینکه پوشش نیکل-فسفر در دمائي ۳۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۱ ساعت عملیات حرارتي شد سختي آن به شدت افزایش یافت و به حدود ۸۰۵ ویکرز رسید.

مطالعات نشان مي-دهند که این افزایش سختي مربوط به رسوب فاز پایدار بین فلزي Ni۳P در طی کریستالیزاسیون فاز آمورف مي-باشد [۳۱،۳۳،۳۴]. گزارش شده است که فاز Ni۳P، استحکام و مدول برشي بالايي دارد که باعث اثرگذاري روي سختي این پوشش-ها مي-شود [۳۱و۳۴]. این مشاهدات، با نتایج آنالیز XRD (شکل ۸) سازگاري دارند.

۳-۲-۷- تخلخل

تخلخل پوشش الکترولس Ni-P پارامتر بسیار مهمی است. به منظور جلوگیری از قس محیط خورنده با فلز پایه، رسوب-دهی نیکل - فسفر بایستی عاری از تخلخل باشد. فرایند خوردگی اغلب از طریق تخلخل-ها یا محل شکست-ها آغاز می-شود. در ارزیابی تخلخل پوشش Ni-P روش فروکسیل [۲۹،۳۵]، استفاده شده است.

این روش بر اساس قرار دادن یک فیلتر کاغذی روی قطعه و سپس اعمال یک مخلوطی از محلول ۶(K۳Fe(CN و کلرید سدیم روی قطعه در مدت زمان ۳۰ ثانیه می-باشد. ظهور نقاط آبی، تخلخل و حمله روی فلز پایه (فولاد کربنی) را بیان می-کند. نتایج این آزمون نشان داد که پوشش ایجاد بر روی نمونه شاهد عاری از تخلخل می باشد.

۳-۳- پوشش کاربید تنگستن- کبالت- کروم

پس از تأیید پوشش الکترولس نیکل- فسفر، عملیات ماسکینگ آن به منظور اعمال پوشش کاربید تنگستن- کبالت- کروم بر روی سطح خارجی بال انجام شد. جهت ایجاد صافی سطح مناسب و بهبود چسبندگی ابتدا سطح بال، بلاست گردید و پس از شستشوی آن، پوشش کاربید تنگستن- کبالت- کروم به روش HVOF اعمال گردید. شکل ۸- الف نمایی از پوشش دهی سطح خارجی بال ۳۲ اینچ و شکل ۸-ب نمایی از سنگ زنی این بال را نشان می دهد.



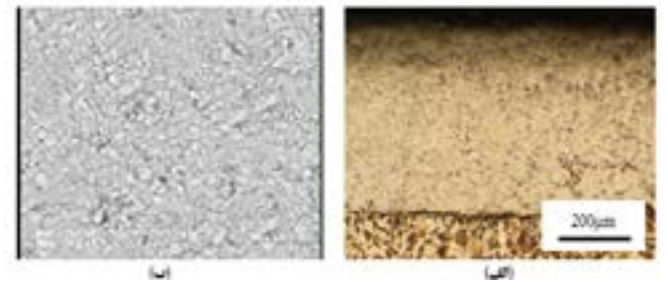
شکل ۸- نمایی از الف) پوشش دهی سطح خارجی و ب) سنگ زنی بال ۳۲ اینچ

۳-۳-۱- بررسی ضخامت و زبری پوشش اعمال شده روی بال

بر روی پوشش ایجاد شده بر روی بال ۳۲ اینچ، آزمون های غیرمخرب ضخامت و زیرسنجی انجام شد. به طور کلی پوشش های پاشش حرارتی زبری سطح نسبتاً بالایی را نتیجه می دهند. بویژه در پوشش های کربیدی، زبری سطح پس از پوشش دهی بیش تر از محدوده مجاز بسیاری از کاربردهاست [۲۰، ۳۶]. بنابراین لازم است پوشش های کاربید تنگستن- کبالت به نحو مناسبی سنگ زنی شوند تا کیفیت سطح مطلوب به دست آید [۲۷]. میانگین ضخامت پوشش ایجاد شده پس از فرایند سنگ زنی و پولیش نهایی ۴۲۰ میکرون و زبری سطح پوشش برابر ۰/۳ میکرون اندازه گیری شد. نتایج حاصله از آزمون های غیرمخرب با استاندارد و مدارک موجود مطابقت کامل دارد و جهت بررسی دقیق تر از آزمون های مخرب استفاده گردید.

۳-۳-۲- بررسی سطح مقطع پوشش-ها و اندازه-گيري ضخامت آنها

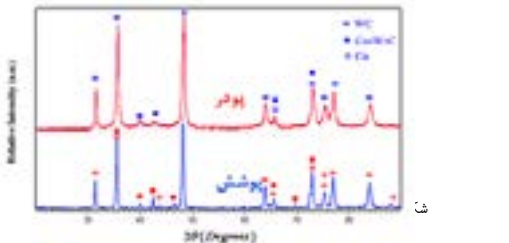
شکل ۹- الف سطح مقطع پوشش که توسط میکروسکوپ نوری گرفته شده است را نشان می دهد. در این شکل نشان دهنده چسبندگی مناسب پوشش به زیر لایه سندبلاست شده و همچنین یکنواختی ساختار پوشش اعمال شده است. میانگین ضخامت پوشش برابر ۴۰۵ میکرون اندازه گیری شد. شکل ۹- ب تصویر گرفته شده توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی را از سطح پوشش نمونه شاهد جهت بررسی ساختار پوشش نشان می دهد. حضور و پراکندگی یکنواخت ذرات کاربید تنگستن در زمینه کبالت به خوبی قابل تشخیص است.



شکل ۹- الف) تصویر گرفته شده الف) توسط میکروسکوپ نوری و ب) میکروسکوپ الکترونی روبشی از سطح پوشش کاربید تنگستن- کبالت- کروم اعمال شده بر روی نمونه شاهد.

۳-۳-۳- بررسی ساختار پودر و پوشش

الگوی پراش پرتوایکس پودر WC-Co-۱۰Cr۴ و پوشش اعمال شده بروی نمونه شاهد در شکل ۱۰ نشان داده شده است. مطابق نمودار، فازهای مختلف WC، Co و Co۴W۲C شناسایی شدند. در حین فرآیند پاشش حرارتی HVOF، پودر WC-Co در معرض جت شعله با دمای بالا به منظور حرارت دهی و شتاب گیری قرار می گیرد. علاوه بر این از آنجائیکه اکسیژن معمولاً در جت شعله وجود دارد، نمی توان از تجزیه و دی کربوراسیون به صورت کامل اجتناب کرد. بر این اساس WC به W۲C و حتی کبالت فلزی تجزیه می شود تا یک فاز آمورف Co-W-C با کاربیدهای پیچیده نظیر Co۴W۹C۴، Co۳W۲C، Co۶W۶C و Co۳W۹C۴ تشکیل می شود [۲۸ و ۳۹]. همچنین علت حضور فاز Co۴W۲C در پودر می تواند ناشی از فرآیند پیچیده تولید پودر باشد. دی کربوراسیون کاربید تنگستن عاملی کلیدی در کاهش ریزسختی و مقاومت به سایش پوشش های مبنای WC-Co است [۲۸]. عدم حضور فاز تنگستن در پوشش ناشی از تجزیه نشدن کاربید تنگستن به تنگستن می باشد. اضافه نمودن کروم به WC-Co، از تجزیه کاربید تنگستن و نیز تشکیل تنگستن فلزی جلوگیری می کند. علاوه بر این افزودن کروم، چسبیدن کاربیدها به زمینه را بهبود می بخشد و نیز مقاومت به خوردگی را در مقایسه با پوشش های WC-Co بهتر می کند [۲۰، ۲۱ و ۴۰]. عدم حضور پیک کبالت در نمودار پراش پرتو ایکس پوشش، نشان از حل شدن کامل آن در پوشش است. در کل به دلیل اعمال پوشش به روش پیشرفته HVOF و سرعت اعمال پوشش بالای این فرآیند و همچنین حرارت نسبتاً کم وارد شده به پوشش، میزان انحلال کربن در دو فاز کاربید تنگستن و کبالت بسیار اندک بوده و پوششی با ترکیب مشابه با پودر اعمالی ارائه داده است.



۳-۳-۴- بررسی میکروسختي پوشش

سختی پوشش اعمال شده روی نمونه شاهد با استفاده از دستگاه سختی سنج ویکرز در ۱۰ نقطه متفاوت در خطوط افقی در سطح مقطع نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. میانگین مقادیر سختی برابر ۱۱۲۰ ویکرز به دست آمد. معمولاً افزایش سختی با کاهش میزان تخلخل و بهبود پیوستگی اسپلت به وسیله افزایش سرعت و دمای ذرات در هوا شناخته شده است. سختی پوشش به اندازه کاربید بستگی دارد. همچنین افزایش سختی وابسته به دمای بالا است، زیرا پهن شوندهگی اسپلت هنگام فرایند پاشش و در نتیجه پیوستگی پوشش بهبود می‌یابد. سختی از مهمترین شاخص های مقاومت به سایش و استحکام پوشش می باشد[۳۶]. بنابراین نتیجه سختی سنجی پوشش نمونه شاهد، حاکی از مقاومت به سایش و استحکام بالای پوشش ایجاد شده بر روی بال ۳۲ اینچ می باشد.

۳-۳-۵- بررسی چسبندگی کششی پوشش

روش تست چسبندگی کششی به شکل گسترده ای به عنوان ابزاری معمول برای کنترل کیفیت پوشش های پاشش حرارتی استفاده می شود. چهار استاندارد اصلی مورد استفاده در صنعت برای این تست شامل DIN ۵۰۱۶۰-A (آلمان)، AFNOR NF A۹۱-۲۰۲-۷۹ (فرانسه)، JIS HA۶۶۶-۸۰ (ژاپن) و ASTM C۶۳۳-۷۹ (آمریکا) می باشد. این استانداردها در هندسه نمونه، روش تست و آنالیز گسیختگی تفاوت هایی با یکدیگر دارند [۴۱]. در این روش، سطح مقابل یک نمونه استوانه ای پوشش داده می شود و سپس با یک چسب رزینی به وجه ماسه پاششی شده نمونه مشابه دیگر ولی بدون پوشش متصل می شود. در نهایت توسط دستگاه کشش، بار کششی به مجموعه وارد می شود.

در این پروژه استحکام چسبندگی کششی نمونه شاهد بر اساس استاندارد ASTM C۶۳۳ انجام گرفت. همانطور که در شکل ۱۱ مشاهده می کنید، استحکام چسبندگی پوشش WC-Co-۱۰Cr۴ برابر ۸۶MPa است در محدوه مجاز برای این نوع پوشش ها قرار دارد.



شکل ۱۱- نمودار استحکام چسبندگی نمونه شاهد

اندازه گیری تخلخل پوشش به روش آنالیز تصویر و با کمک نرم افزار Clemex انجام گرفت. میانگین میزان تخلخل پوشش کاربید تنگستن- کبالت- کروم ایجاد شده بر روی نمونه شاهد برابر ۰/۷ درصد ارزیابی شد. این میزان با اسناد و مدارک موجود (میزان تخلخل کمتر از یک درصد) هم خوانی کامل دارد [۲]. تخلخل یکی از مهمترین پارامترهای پوشش است که به میزان قابل توجهی بر خواص مکانیکی و ترموفیزیکی آن تأثیرگذار است [۳۶]. تخلخل پوشش بسته به فرآیند پاشش حرارتی از ۰/۱ تا ۱۵ درصد حجمی متغیر است. در بین تمام فرآیندهای پاشش حرارتی، فرآیند HVOF کم ترین میزان تخلخل پوشش را نتیجه می دهد، زیرا سرعت بالای برخورد ذرات پوشش، بیش تر حباب های هوا را به خارج ریزساختار هدایت می کند [۲۴].

۴- نتیجه گیری

پوشش های الکترولس نیکل- فسفر (شرکت فراسو سپهر آریا) و پاشش حرارتی کاربید تنگستن- کبالت – کروم (شرکت پودرافشان) بر روی سطح بال ۳۲ اینچ شرکت نفت و گاز پارس با موفقیت اعمال شد. نتایج حاصل از آزمون های مخرب و غیرمخرب، تطابق کامل با مدارک و استانداردهای موجود داشت. با اجرای موفقیت آمیز این طرح و ایجاد خط کامل تعمیر و بهسازی بال ولوها، تکنولوژی بومی سازی شده در دسترس صنایع مرتبط قرار می گیرد و سالانه میلیون ها دلار صرف جویی ارزی را به همراه خواهد داشت.

منابع

[۱] M. Ebrahimian-Hosseinabadi, K. Azari-Dorcheh, S.M. Moonir Vaghefi, “Wear Behavior of Electroless Ni–P–B۴C Composite Coatings”, Wear, Volume ۱۲۳-۱۲۷, ۲۰۰۶.

[۲] VALVES”, Piping Valves Vessels,” ۱۴۲ Total General Specification, GS EP PVV Rev. ۲۰۱۴,۹.

[۳] Riedel, W., “Electroless Nickel Plating”, ASM International, Ohio ۱۹۹۱.

[۴] G.O. Mallory and J.B. Hajdu, “Electroless Plating-Fundamentals and Applications”, reprint ed. AESF, New York ۲۰۰۲.

[۵] A. C. R. Wurtz, “On Copper Hydride,” Hebdomadaires des Séances de l’Académie des Sciences, Vol ۱۸, pp. ۷۰۴-۷۰۲, ۱۸۴۴.

[۶] A. C. R. Wurtz, “On Copper Hydride,” Hebdomadaires des Séances de l’Académie des Sciences, Vol ۲۱, p. ۱۴۹, ۱۸۴۵.

[۷] A. Brenner and G. E. Riddel, “Nickel Plating on Steel by Chemical Reduction”,

Journal of Research of the National Bureau of Standards, Vol ۳۷, pp. ۳۱۳۴, ۱۹۴۶.

[۸] R. N. Duncan, “Performance of Electroless Nickel Coated Steel in Oil Field Environments”, Material Performance, Vol ۲۱, pp. ۳۴-۲۸, ۱۹۸۳.

[۹] J. F. Colaruoto, B. V. Tilak and R. S. Jasinki, “Corrosion Characteristics of Electroless Nickel Coating of Oil Field Environments,” Proceedings of Electroless Nickel Conference IV, Chicago ۲۴-۲۲ April ۱۹۸۵.

[۱۰] F. B. Mainier, I. M. R. A. Brüning and E. F. Pamplona, “Desenvolvimento de Recipientes para Acondicionamento de Gás Natural Contendo Gases Corrosivos”, ABTS, (In: VI Encontro Brasileiro de Tratamento de Superfícies (EBRAT Sao Paulo, pp ۸۱-۶۶, ۱۹۸۷.

[۱۱] V. T. Talinn, “In the World of Electroless Nickel”, Finishing, Vol ۱۲, p. ۲۶, ۱۹۸۸.

[۱۲] R. Weil, J. H. Lee and K. Parker, “Comparison of Some Mechanical and Corrosion Properties of Electroless and Electroplated Nickel Phosphorus Alloys,” Plating and Surface Finishing, Vol ۷۶, pp. ۶۲-۶۶, ۱۹۸۹.

[۱۳] F. B. Mainier and M. M. Araújo, “On the Effect of the Electroless Nickel-Phosphorus (Ni-P) Coating Defects on the Performance of This Type of Coating in Oilfield Environments”, SPE Advanced Technology Series, Vol ۲, pp. ۶۳-۶۷, ۱۹۹۴.

[۱۴] F. Delaunois, J. P. Petitjean, P. Lienard and M. JacobDuliere, “Autocatalytic Electroless Nickel-Boron Plating on Light Alloys”, Surface and Coatings Technology, Vol ۱۲۴, pp. ۲۰۹-۲۰۰, ۲۰۰۰.

[۱۵] X. Liu, J.Q. Gao and W.B. Hu, “Application of Electroless Ni-P Alloys in Electronic Industry”, Plating & Finishing, Vol ۲۸, pp. ۳۰-۳۴, ۲۰۰۶.

[۱۶] D. Baudrand, “Adhesion of Electroless Nickel Deposits to Aluminum Alloys—We Now Have a Better Understanding of the Factors Influencing Adhesion”, Products Finishing, Vol ۶۳, pp. ۸۰-۸۷, ۲۰۰۹.

[۱۷] Z. Xie, J. Zhu, and W. Guo, “The Scraping Test and Adhesion Measurements of Diamond and Nickel Electroless Coatings”, Materials Characterization, Vol ۴۴, No. ۴-۵, pp. ۳۴۷-۳۵۲, ۲۰۰۰.

[۱۸] K. Kumari and K. Anad, Michelangelo Bellacci, Massimo Giannozzi, Effects of microstructure on abrasive wear behavior of thermally sprayed WC-Co-of ۱۰-۴Cr coatings, Wear ۲۰۱۰, pp ۱۳۰۹-۱۳۱۹;

[۱۹] J.R. Davis, “Handbook of Thermal Spray Technology”, ASM International ۲۰۰۴.

[۲۰] J.K.N. Murthy, D.S. Rao and B. Venkataraman, “Effect of grinding on the erosion behaviour of a WC–Co–Cr coating deposited by HVOF and detonation .gun spray processes”, Wear , Vol ۲۴۹, pp. ۵۹۲–۶۰۰, ۲۰۰۱.

[۲۰] J.K.N. Murthy, D.S. Rao and B. Venkataraman, “Effect of grinding on the erosion behaviour of a WC–Co–Cr coating deposited by HVOF and detonation .gun spray processes”, Wear , Vol ۲۴۹, pp. ۵۹۲–۶۰۰, ۲۰۰۱.

[۲۱] K. Maiti, N. Mukhopadhyay and R. Raman, “Improving the Wear Behavior of WC-CoCr-based HVOF Coating by Surface Grinding”, Journal of Materials Engineering and Performance, Vol ۱۸, pp. ۱۰۶۰-۱۰۶۶, ۲۰۰۹.

[۲۲] X. Liu, , B. Zhang and Z. Deng, “Grinding of nanostructured ceramic coatings: surface observations and material removal mechanisms” , International Journal of Machine Tools and Manufacture, Vol ۴۲, pp. ۱۶۶۵–۱۶۷۶, ۲۰۰۲.

[۲۳] Z. H. Deng, Z. W. Hu, Q. Jing and Y. D. Gong, “Experimental Investigations on Surface Residual Stresses in the As-Sprayed and Ground Nanostructured Coatings”, Engineering Materials, Vol/WC ۱۲, pp. ۲۵۹-۶۰, ۲۰۰۸.

[۲۴] J. Stokes, “Theory and Application of the High Velocity Oxy-Fuel (HVOF) Thermal Spray Process”, Dublin City University ۲۰۰۸.

[۲۵] U. Ma and D.T. Gawne, “Structure and wear of electroless nickel coatings”, Materials Science and Technology, Vol ۳, pp. ۲۲۸-۲۲۸, ۱۹۸۷ March.

[۲۶] W.J. Tomlinson, and J.P. Mayor, “Formation, Microstructure, Surface Roughness, and Porosity of Electroless Nickel Coatings”, Surface Engineering, Vol ۳, pp. ۲۳۵, ۱۹۸۸.

[۲۷] D. Gelman, I. Lasman and S. Elfimchev, “Aluminum corrosion mitigation in alkaline electrolytes containing hybrid inorganic/organic inhibitor system for power sources applications”, Journal of Power Sources, Vol ۱۰۰-۱۰۸, ۲۰۱۵.

[۲۸] W.J. Tomlinson, M.W. Carrol, “Substrate roughness, deposit thickness and the corrosion of electroless nickel coatings”, Journal of Materials Science, Vol ۲۵, pp. ۴۹۷۲-۴۹۷۶, ۱۹۹۰.

[۲۹] Autocatalytic Nickel-Phosphorus Coatings, Specification and Test” ۴۵۲۷-ISO Method,” International Organization for Standardization, Geneva ۱۹۸۷.

[۳۰] K.G. Keong, W. Sha and S. Malinov, “Crystallization and Phase Transformation Behaviour of Electroless Nickel-Phosphorus Deposits with Low and Medium Phosphorus Contents under Continuous Heating”, Journal of Materials Science, Vol ۳۷, No. ۲۰, pp. ۴۴۴۵-۴۴۵۰, ۲۰۰۲.

[۳۱] K.G. Keong, W. Sha, and S. Malinov, “Hardness Evolution of Electroless Nickel-Phosphorus Deposits with Thermal Processing”, Surface and Coatings Technology, Vol ۱۶۸, No. ۳-۲, pp. ۲۶۳-۲۷۴, ۲۰۰۳.

[۳۲] I. Apachitei, F.D. Tichelaar, J. Duszczyk and L. Katgerman, “The Effect of Heat Treatment on the Structure and Abrasive Wear Resistance of Autocatalytic

NiP and NiP-SiC Coatings”, Surface and Coatings Technology, Vol ۱۴۹, No. ۲-۳, pp. ۲۶۳-۲۷۸, ۲۰۰۲.

[۳۳] T.S.N.S. Narayanan, K. Krishnaveni and S.K. Seshadri, “Electroless Ni-P/ Ni-B Duplex Coatings: Preparation and Evaluation of Microhardness, Wear and Corrosion Resistance”, Materials Chemistry and Physics, Vol ۸۲, No. ۳, pp. ۷۱-۷۷, ۲۰۰۳.

[۳۴] Y. Hu, T. Wang, J. Meng, and Q. Rao, “Structure and Phase Transformation Behaviour of Electroless Ni-W-P on Aluminium Alloy”, Surface and Coatings Technology, Vol ۲۰۱, No. ۳-۴, pp. ۹۸۸-۹۹۲, ۲۰۰۶.

[۳۵] ASTM B ۶۵۶, “Standard Test Methods for Electroless Nickel-Phosphorus Deposition on Metals for Engineering Use”, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, ۱۹۹۲.

[۳۶] L. Pawlowski, “The Science and Engineering of Thermal Spray Coatings, Second Edition, John Wiley & Sons ۲۰۰۸.

[۳۷] Thermal Spraying—Practice, Theory, and Application, American Welding Society ۱۹۸۵.

[۳۸] Y.Y. Santana, P.O. Renault, M. Sebastiani, J.G. La Barbera, J. Lesage, E. Bemporad, E. Le Bourhis, E.S. Puchi-Cabrera and M.H. Staia, “Characterization and residual stresses of WC–Co thermally sprayed coatings”, Surface and Coatings Technology, Vol ۲۰۲, pp. ۴۵۶۰–۴۵۶۵, ۲۰۰۸.

[۳۹] V.A. de Souza and , A. Neville, “Corrosion and erosion damage mechanisms during erosion–corrosion of WC–Co–Cr cermet coatings”, Wear, Vol ۱۴۶–۱۵۶, ۲۰۰۳, pp.

[۴۰] Karimi, Ch. Verdon and G. Barbezat, “Microstructure and hydroabrasive wear behaviour of high velocity oxy-fuel thermally sprayed WC-Co(Cr) coatings”, Surface and Coatings Technology, Vol ۸۱-۸۹, ۱۹۹۳.

[۴۱] C. K. Lin and C. C. Berndt, “Measurement and analysis of adhesion strength for thermally sprayed coatings”, Journal of Thermal Spray Technology, Vol ۷۵–۱۰۴, ۱۹۹۴.



جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر فلزات غیر

همجنس

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه

جوشکاری لیزر در یک کارگاه



این ترکیبات شکننده باعث تضعیف خواص مکانیکی و مقاومت در برابر خوردگی جوش می‌شوند. بهینه‌سازی دقیق پارامترهای لیزر مانند توان، سرعت و تمرکز پرتو برای کاهش میزان حرارت ورودی و کنترل ترکیب حوضچه مذاب امری حیاتی است [۴].علاوه بر این، اختلاف پتانسیل الکتروشیمیایی بین آلیاژها می‌تواند خوردگی گالوانیکی را تسریع کند. عملیات حرارتی پس از جوش و پوشش‌های سطحی اغلب برای کاهش این ریسک و بهبود دوام بلندمدت جوش به‌کار می‌روند. روش‌های پیشرفته‌ای مانند انتخاب فلز پرکننده و پایش فرایند نیز در حال گسترش هستند که کنترل بیشتری بر فرایند جوشکاری فراهم می‌آورند و امکان تولید اتصالات باکیفیت بالای آلیاژهای آلومینیوم غیرهمجنس را میسر می‌سازند[۵].

در عملیات جوشکاری فلزات غیر همجنس، خطر خوردگی در بخشی از اتصال که فلزات از یکی به دیگری منتقل می‌شوند (یعنی ناحیه بین‌فلزی) یا سطح پوشش رویی وجود دارد. اگر به دلیل رقت، خواص الکتروشیمیایی فلزات به طور قابل توجهی متفاوت باشند، احتمال خطر خوردگی زیاد است. فلزات مختلف ممکن است در دماهای متفاوتی ذوب شوند. بنابراین از فرایند پیشگرم اولیه استفاده می شود که سریعاً همه فلزات را به نقطه ذوبشان برساند یا از فرایندی استفاده شود که نیازی به ذوب شدن هیچ‌یک از فلزات نداشته باشد.

ضریب انبساط حرارتی بسیار متفاوت فلزات هنگام گرم و سرد شدن، باعث منبسط و منقبض شدن می‌شوند و در نتیجه شکل و اندازه خود را تغییر می‌دهند. اگر دو فلزی که جوش داده می‌شوند با نرخ‌ها یا درجه‌های متفاوتی تغییر شکل دهند، این موضوع می‌تواند در حین سرد شدن جوش، به آن تنش وارد کرده و منجر به ترک حرارتی شود. ناحیه متاثر از حرارت در مجاورت مستقیم جوش، ممکن است خواص فیزیکی متفاوتی نسبت به فلز پایه اصلی داشته باشند. برای فولاد پرکربن یا چدن، این تفاوت عمدتاً در سختی بالاتر است که می‌تواند منجر به کاهش چقرمگی و شکست ترد شود.

پیشینهٔ پژوهش

در یک مطالعه جوشکاری لیزری آلیاژهای غیر همجنس به طور گسترده برای ایجاد اتصالات جفت فلزاتی مانند آلومینیوم/آهن، آلومینیوم/تیتانیوم و آلومینیوم/مس استفاده شده است. تأثیر تکنیک‌های اساسی، روش‌ها و ابزارهای جوشکاری لیزری آلومینیوم/آهن، آلومینیوم/تیتانیوم و آلومینیوم/مس بر خواص مکانیکی و ضخامت ترکیبات بین فلزی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. هنگام جوشکاری اتصالات همپوشانی یا اتصال T آلومینیوم/آهن، ترجیح داده می‌شود که فولاد توسط پرتو لیزر ذوب شود، که با حرارت دادن یا ذوب شدن آن، آلومینیوم را از طریق هدایت حرارتی گرم کند. هنگام جوشکاری لب به لب آلومینیوم/آهن، ذوب آلومینیوم توسط پرتو لیزر ترجیح

داده می‌شود. هنگام جوشکاری لب به لب آلومینیوم/تیتانیوم، می‌توان با جابجایی پرتو لیزر به سمت آلومینیوم، حداقل ذرات بین فلزی و حداکثر خواص مکانیکی را به دست آورد. هنگامی که پرتو لیزر به سمت آلیاژ تیتانیوم جابجا می‌شود، خواص مکانیکی ۴۰ تا ۵۰ درصد کمتر از زمانی است که پرتو لیزر به سمت آلیاژ آلومینیوم جابجا شود. هنگام جوشکاری همپوشانی اتصال آلومینیوم/مس، تحت تأثیر پرتو لیزر بر روی آلومینیوم، با استفاده از نوسان پرتو لیزر در خارج از کانون، می‌توان سطح تماس رسانایی الکتریکی و استحکام کششی را افزایش داد [۱].

پیر و همکارانش در یک تحقیق جوش لیزرغیر همجنس آلیاژ آلومینیوم ۶۰۱۶ با فولاد را بدون استفاده از فلز پرکننده بررسی کردند. در این پژوهش، آن‌ها لایه‌ای از ترکیبات بین فلزی با ضخامت ۲ تا ۱۰ میکرومتر شناسایی کردند که غالباً از Fe۲Al۵ تشکیل شده بود. همچنین دریافتند که لایه‌های ضخیم‌تر این ترکیبات بین فلزی بیشتر در معرض ترک‌خوردگی هستند [۵]

شیا و همکاران به بررسی استفاده از سیم‌های جوشکاری آلومینیوم خالص،Si۵۰-Al و Si۱۲-Al برای اتصال آلیاژ آلومینیوم AA۶۰۶۱ به فولاد دو فازی DP۵۹۰ پرداختند. نتایج نشان داد که در شرایط استفاده از سیم آلومینیوم خالص، تنها ترکیبات بین فلزی دوتایی Fe-Al تشکیل می‌شوند، در حالی که با استفاده از سیم‌های حاوی سیلیکون، ترکیبات بین فلزی سه‌گانه Fe-Al-Si مشاهده گردید. اگرچه نازک‌ترین لایه بین فلزی در شرایط استفاده از سیم Si۱۲-Al به دست آمد، اما بهترین خواص مکانیکی در جوش‌های تولید شده با سیم Si۵۰-Al مشاهده شد[۶].

در تحقیقات انجام‌شده، مشخص شده است که ضخامت لایه بینفلزی تأثیر مستقیمی بر خواص مکانیکی جوش دارد. ذرات بینفلزی مانع از بهبود خطی استحکام مکانیکی در اتصال جوش میشوند. بررسیها نشان داده‌اند که اگر ضخامت این لایه‌ها در ناحیه اتصال ناچیز باشد، کاهش چشمگیری در خواص مکانیکی ایجاد غی‌شود. در جوشکاری با لیزر، چگالی انرژی نقشی کلیدی در ضخامت لایه بینفلزی ایفا می‌کند؛ به‌طوری‌که چگالی انرژی پایین موجب کاهش ضخامت این لایه‌ها میشود، اما کاهش زیاد ناحیه پیوندی می‌تواند استحکام اتصال را نیز کاهش دهد.

جوشکاری لیزری قطعات غیر همجنس مانند آلیاژ برنج و آلیاژ آلومینیوم ۶۰۶۱ با استفاده از فیلر روی می‌تواند خواص خوردگی و مکانیکی اتصال را بهبود دهد. افزودن فیلر روی ضمن کاهش ایجاد ترکیبات بینفلزی شکننده، استحکام اتصال را نیز افزایش می‌دهد. این فیلر یک لایه پکنواخت و محافظ فراهم می‌کند که مقاومت به خوردگی در محل اتصال دو فلز با خواص الکتروشیمیایی متفاوت را تقویت می‌کند. همچنین، خواص مکانیکی مانند استحکام کششی و سختی به شدت تحت تأثیر ترکیب شیمیایی و ریزساختار فلز جوش هستند. برای جلوگیری از نقص‌هایی مانند تخلخل، ترک‌خوردگی و همجوشی ناقص، بهینه‌سازی پارامترهای نیاز است بنابراین با انتخاب مناسب توان لیزر، سرعت جوشکاری و میزان فیلر تزریقی روی، نقش مهمی در ایجاد جوشی یکنواخت و فاقد نقص ایفا می‌کند. علاوه بر این، پیش‌گرم کردن مواد می‌تواند باعث کاهش گرادیان حرارتی و تنش‌های پسماند شود و از ترک‌خوردگی در محل اتصال جلوگیری نماید[۷]

^[1] عنوان مجله، سال اول، شماره ۳، بهار ۱۴۰۱

پارسیان و همکارانش به بررسی اثر پارامترهای جوش لیزر فیبر بر ویژگی‌های حرارتی و مکانیکی آلیاژ پایه نیکل ASTM B۶۳۷ و فولاد ضد زنگ داپلکس ۲۲۰۵ در یک هندسه دایره‌ای با روش طراحی آزمایش پرداختند. اثر پارامترهای فرآیند کلیدی بر پاسخ‌های ارزیابی کیفی و کمی جوش غیر همجنس از جمله هندسه حوضچه مذاب، میدان دما در نزدیکی حوضچه مذاب و استحکام کششی اتصال غیر همجنس مورد ارزیابی قرار گرفت [۸].

در مطالعه دیگر خواص کمی و کیفی اتصال جوش غیر همجنس فولاد پرکربن با فولادهای زنگ نزن آستینیتی و فریتی مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج بدست آمده تفاوت در ریز ساختار و خواص ترموفیزیکی فولادهای زنگ نزن سبب ایجاد ریز ساختارهای متفاوت حوضچه مذاب و همچنین خواص مکانیکی متفاوت شد. اتصال جوش لیزری غیر همجنس فولاد کربنی با فولاد زنگ نزن ۳۰۴ دارای سطح مقطع شکست نرم بود [۹].

در این تحقیق به بررسی و ارزیابی اجمالی خواص کمی و کیفی چندین اتصال جوش لیزری غیر همجنس که از نتایج آزمایشگاهی بدست آمده، پرداخته می شود.

روش پژوهش

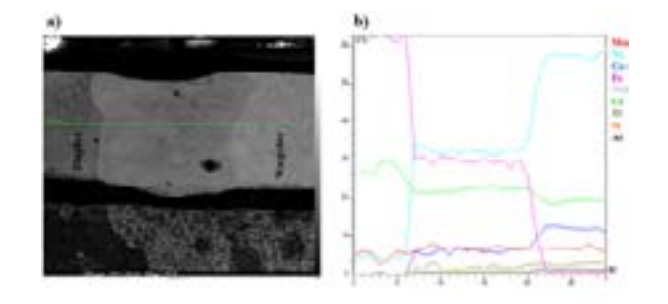
در این مطالعه نتایج حاصل از آزمایش های جوشکاری لیزر چندین ترکیب از آلیاژهای غیر همجنس ارایه می شود. ترکیبات فلزی شامل سوپر آلیاژهای پایه نیکل با فولاد زنگ نزن داپلکس، آلیاژ آلومینیوم ۶۰۶۱ با فولاد زنگ نزن داپلکس و فولاد کربنی با فولاد زنگ نزن فریتی می باشد. بر اساس روش طراحی آزمایش اثر پارامترهای جوش لیزر فایبر از جمله توان لیزر، سرعت جوشکاری، میزان انحراف پرتو از مرکز اتصال دو قطعه و فاصله از نقطه کانونی پرتو لیزر، برخی از خواص کمی و کیفی اتصال جوش از جمله ریز ساختار، دمای ناحیه جوشکاری، استحکام کششی اتصال جوش و شکل ظاهری سطح گرده جوش مورد بررسی قرار گرفته است. لازم به ذکر است که آزمایش های جوشکاری لیزر توسط دستگاه جوش اتوماتیک ۴ محور مجهز به لیزر فایبر ۱ کیلو وات مجهز به سیستم کنترل عددی و ساخته شده در شرکت تیم پارسی پاسارگاد برای آزمایش های جوشکاری لیزر استفاده شده است. امکان استفاده از فیلر های فلزی و ترکیب آلیاژی آن ها به طور همزمان نیز وجود دارد. همچنین خواص اتصال جوش پس از رسیدن به یک جوش مطلوب برا اساس معیارهای رایج ارزیابی کیفی اتصال جوش مورد ارزیابی قرار گرفته است.

یافته‌های پژوهش

نتایج حاصل جوش غیر همجنس وسپلوی و فولاد زنگ نزن داپلکس نشان دهنده مشارکت و نرخ ذوب بیشتر آلیاژ وسپلوی در تشکیل حوضچه مذاب است.

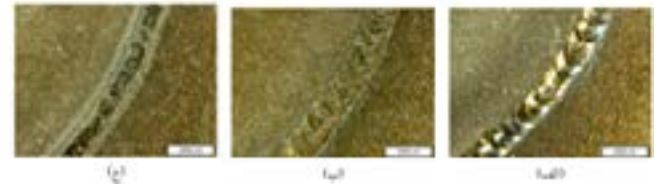
در شکل-۱، تغییرات درصد وزنی عناصر در هر دو فلز پایه وسپلوی و فولاد زنگ نزن داپلکس ۲۲۰۵ و منطقه همجوشی مشاهده می شود. یک نمای کلی از نمودار حاکی از مشارکت آشکار سوپر آلیاژ وسپلوی در تشکیل ناحیه همجوشی است. این سهم به ویژه هنگام مقایسه آن با فلز پایه فولاد ضد زنگ دوبلکس مشهود است. درصد عنصر نیکل کاهش قابل توجهی در حدود ۴۰٪ در منطقه همجوشی را تجربه می کند. در مقابل، درصد آهن کاهش قابل توجهی را نشان می دهد و در مقایسه با فلز پایه فولاد ضد زنگ دوبلکس، از ۵۰ درصد فراتر می رود. عنصر کبالت مشارکت مشخصی را در تشکیل منطقه همجوشی نشان می‌دهد. اگرچه درصد وزنی کبالت نسبت به درصد درون فلز پایه وسپلوی کاهش می‌یابد، اما همچنان نقش قابل‌توجهی در منطقه همجوشی ایفا می‌کند.

در نتیجه، می توان استنباط کرد که اجزای اولیه منطقه همجوشی از ذوب وسپلوی به دست آمده است. علاوه بر عناصر ذکر شده، مولیبدن و تیتانیوم بیشترین نوسانات را در درصد وزن در منطقه همجوشی نشان می دهند. این پدیده را می توان به توزیع نامنظم ذرات در منطقه همجوشی و فلز پایه وسپلوی نسبت داد که منجر به تشکیل ذرات کاربید می شود.



شکل-۱-الف مکان آنالیز طیف سنجی پراش انرژی پرتو ایکس ، ب) تغییرات درصد وزنی عناصر

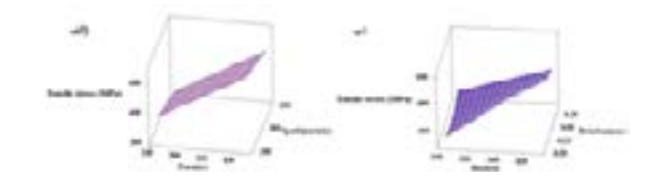
در شکل ۲- تغییرات شکل ظاهری گرده جوش با توجه به تغییرات فاصله کانونی و تابش پرتو لیزر در مرکز محل اتصال دو قطعه مشاهده می گردد. با افزایش فاصله نقطه کانونی از سطح، عرض گرده جوش بیشتر شده و سطح گرده جوش از حالت محدب و برآمده به صورت هم سطح با قطعه کار شده که به دلیل کاهش چگالی انرژی پرتو لیزر و کاهش نفوذ پرتو می باشد.



شکل ۲- ظاهر گرده جوش در توان لیزر ۴۰۰ وات و فاصله کانونی الف) ۰ میلیمتر و ب) ۱/۵ میلیمتر ج) ۳ میلیمتر

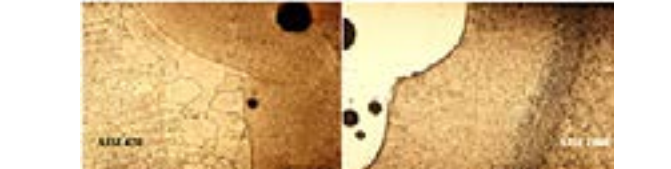
نتایج بررسی استحکام کششی حاصل از جوش فولاد کربنی و فولاد زنگ نزن فریتی در شکل ۳ مشاهده می گردد.

در شکل ۳-الف اثر توان لیزر و سرعت جوشکاری بر استحکام کششی فولاد کربنی در اتصال با فولاد زنگ نزن ۴۲۰مشاهده می شود .



شکل ۳. تغییرات استحکام کششی اتصال فولاد زنگ نزن۴۲۰ با فولاد کربنی ، با الف) توان لیزر ، سرعت جوشکاری و ب) توان لیزر و انحراف پرتو

در شکل-۴ ریز ساختار جوش غیر همجنس فولاد فریتی ۴۲۰ با فولاد کربنی مشاهده می گردد. ریزساختارهای در ناحیه حوضچه مذاب معمولاً شامل دانه‌های دندریتی (ستون‌مانند) یا سلولی است که به دلیل انجماد سریع شکل می‌گیرند. در ناحیه متأثر از حرارت ریز ساختار تغییر کرده است و درشت دانه شده است. این تغییرات به دلیل تغییرات نرخ حرارتی با فاصله گرفتن از مرکز حوضچه مذاب رخ داده‌اند. همچنین در ناحیه حوضچه مذاب وجود تخلخل می‌تواند مشکلاتی در استحکام مکانیکی ایجاد کند و نشان‌دهنده عیب در فرآیند جوشکاری است. با تغییرات پارمترهای لیزر از جمله تغییر در چگالی انرژی پرتو لیزر و سرعت جوشکاری نرخ تخلخل کاهش می یابد.



شکل ۴. تغییرات ریز ساختار از فلز پایه تا حوضچه مذاب برای اتصال فولاد زنگ نزن ۴۲۰ و فولاد کربنی

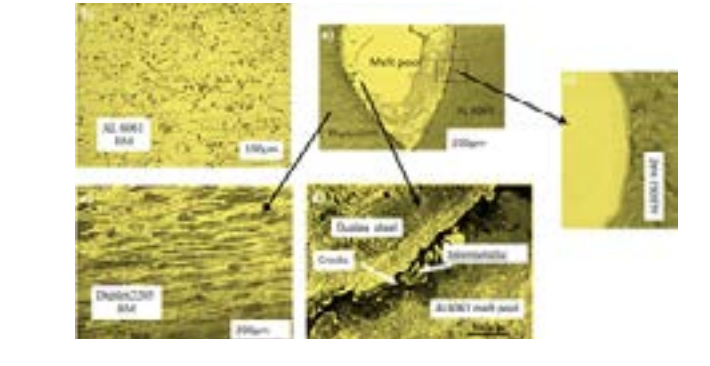
تغییرات ریز ساختاری در ناحیه حوضچه مذاب و همچنین عیوب ریز ساختاری جوش لیزری غیر همجنس آلیاژ آلومینیوم ۶۰۶۱ و فولاد زنگ نزن داپلکس در شکل-۵ مشاهده می گردد. به طور کلی ریز ساختار آلومینیوم ۶۰۶۱ (شکل -الف) شامل ساختار پایه دارای فاز آلومینیوم آلفا و رسوبات درون بیرون دانه است. در شکل ب مشاهده میگردد، ریز ساختار فولاد داپلکس ترکیبی از فازهای آستینیتی در زمینه فریتی می باشد.

در فرایند جوش غیر همجنس آلیاژ آلومینیوم و فولاد زنگ نزن داپلکس، عمده ریز ساختار حوضچه مذاب معمولا از ذوب و انجماد آلیاژ آلومینیوم تشکیل یافته اگر چه بیشتر عیوب ریز ساختاری و ترک خوردگی در اثر اختلاط و ذوب آهن با آلیاژ آلومینیوم ایجاد شده است.

در شکل-۵ ، تغییرات ریز ساختاری در حوضچه مذاب و نواحی اطراف و همچنین عیوب ریز ساختاری مشاهده می گردد. در ناحیه متأثر از حرارت آلیاژ آلومینیوم ۶۰۶۱، دمای بالا باعث رشد دانه‌ها در این ناحیه شد. ریزساختار ناحیه متأثر از حرارت (مشابه ریزساختار فلز پایه با دانه‌های درشت‌تر نسبت به فلزپایه بودند. با توجه به افزایش توان لیزر جهت ذوب آلیاژ آلومینیوم و نرخ انتقال حرارت کمتر فولاد داپلکس باعث ایجاد گراדיان حرارتی با نرخ سرمایش کمتر و درشت دانه شدن ریز ساختار آلومینیوم در

ناحیه متأثر از حرارت شده است.

همچنین در حوضچه مذاب ریز ساختار ریز دانه‌ای یکنواخت (به دلیل گراדיان حرارتی شدید و نرخ سرمایش زیاد در اثر انجماد و القا شده در اثر فلز پایه)، آلومینیوم آلفا و مقدار کمی رسوب‌های بین فلزی سخت (فاز ، و ترکیبات بین فلزی تشکیل شده است. در قسمت های متفاوت حوضچه فاز های بین فلزیFe-Al مشاهده شده که سبب ایجاد ترک خوردگی نیز شده است.



شکل-۵-ریز ساختار حوضچه مذاب در توان لیزر ۵۰۰وات و سرعت ۲۰۰ میلیمتر بر دقیقه الف) حوضچه مذاب و ب)

فلز پایه آلومینیوم و ج) فلز پایه فولاد داپلکس ود) عیوب ریز ساختاری در ناحیه مرزی حوضچه مذاب با فلز پایه فولاد داپلکس ه) ناحیه متأثر از حرارت آلومینیوم

محصول تجاری سازی شده

با استفاده از دستگاه جوش لیزر اتوماتیک ۴ محور ساخته شده در شرکت تیم پارسی پاسارگاد، جوشکاری اتصالات غیر همجنس در انواع متفاوت شکل های هندسی تا ضخامت ۳ میلیمتر جوشکاری غیر همجنس انواع آلیاژهای فلزی از جمله فلزات رنگی آلیاژهای آلومینیوم انجام شده و کیفیت و خواص اتصال جوش مورد ارزیابی قرار گرفت. با بررسی های دقیق انجام شده خواص اتصال جوش بر اساس تغییرات پارمترهای جوشکاری مورد ارزیابی و بهینه سازی قرار گرفت. نتایج بدست آمده از تحقیقات آلیاژهای مختلف بیانگر پتانسیل مناسب استفاده از روش جوش لیزر برای ایجاد اتصالات غیر همجنس فلزی برای بازه متنوعی از مواد فلزی با کاربردهای متنوع نسبت به سایر روش ها می باشد. بنابراین امکان ارایه خدمات جوش غیر همجنس و همچنین ارایه دستگاه جوشکاری لیزر جهت ایجاد اتصال جوش غیر همجنس به عنوان محصول پیشنهادی شرکت تیم پارسی پاسارگاد می باشد. با توجه به پیدایش مدل های متنوع لیزرها در سطوح مختلف توان لیزر و امکان استفاده از فیلرهای متنوع، امکان تجاری سازی این محصول با سهولت بیشتر و در مدل های متنوع فراهم است. همچنین توسعه کتابخانه جوشکاری انواع اتصالات غیر همجنس فلزی یکی از ارکان اساسی و تفاوت مخصول این شرکت نسبت به سایر تولیدکنندگان دستگاه جوش لیزر اتوماتیک می باشد.

w-۰۱۰۷۳-۰۲۴-s۱۲۵۴۱/۱۰,۱۰۰۷:https://doi

Bo Ma , Xiangdong Gao , Yijie Huang , Perry P. Gao , Yanxi [۳]
A review of laser welding for aluminium and copper ,(۲۰۲۳) ,Zhang
https://doi. ۲۰۲۳, ۱۶۷ dissimilar metals, Optics & Laser Technology, Vol
۲۰۲۳, ۱۰۹۷۲۱.j.optlastec/۱۰,۱۰۱۶/org

[۴] Dhanesh G. Mohan, Jacek Tomków, Sasan Sattarpanah Karganroudi,
(۲۰۲۲) hyper-duplex stainless steel to laser welding of uns s۳۳۲۰۷
aluminum alloy using high entropy alloy as a filler material, Appl. Sci
۱۲(۶), ۲۸۴۹.

app۱۲۰۶۲۸۴۹/۱۰,۳۳۹۰/https://doi.org

[۵] Peyre, P.; Sierra, G.; Deschaux-Beaume, F.; Stuart, D.; Fras, G (۲۰۰۷).
Generation of aluminium–steel joints with laser-induced reactive
wetting. Mater. Sci. Eng. A ۳۳۸–۳۲۷, ۴۴۴.

۲۰۰۶, ۰۹, ۱۱۱.j.msea/۱۰,۱۰۱۶/https://doi.org

[۶] Xia, H.; Zhao, X.; Tan, C.; Chen, B.; Song, X.; Li, L (۲۰۱۸).
Effect of Si content on the interfacial reactions in laser welded-brazed Al/steel
dissimilar butted joint. J. Mater. Process. Technol ۲۵۸, ۹–۲۱.

۲۰۱۸, ۰۳, ۰۱۰.j.jmatprotec/۱۰,۱۰۱۶/https://doi.org

Tan, Caiwang, Fuyun Liu, Yiming Sun, Bo Chen, Xiaoguo Song, [۷]
Laser brazing (۲۰۱۸) .Liqun Li, Hongyun Zhao, and Jicai Feng
characteristics of Al to brass with Zn-based filler." Journal of Materials
Engineering and Performance ۲۷ ۳۵۲۱-۳۵۳۱.

z-۳۴۰۱۰-۰۱۸-s۱۱۶۶۵/۱۰,۱۰۰۷/https://doi.org

[۸] Amir Parsian, Mohammad Akbari, Arash Karimipour, Mahdi Rafiei,
Experimental and numerical study ,(۲۰۲۵) ,Mohammad Mehdi Razzaghi
and duplex of dissimilar laser welding characterization of ASTM B۶۳۷
Materials Chemistry and Physics, Volume ۲۲۰۵, ۳۴۰.

۲۰۲۵, ۱۳۰۸۴۴.j.matchemphys/۱۰,۱۰۱۶/https://doi.org

[۹] Zarei A, Akbari M, Abdollahi A, Soleimanimehr (۲۰۲۴).
Experimental and numerical study of dissimilar fiber laser welding of martensitic
۱۰۶۰ AISI ۳۰۴ carbon steelwith different configuration with austenitic
stainless steel., Helion ۴۲۰ and ferritic
e۳۹۹۵۴.۲۰۲۴.helion

با توجه به نیاز روز افزون بازار به اتصالات غیر همجنس و ظهور نسل جدید سیستم های جوش لیزری، امکان روند تجاری سازی تولید اتصالات غیر همجنس با سهولت بیشتری انجام خواهد شد. در این موقعیت استفاده از زیر ساخت های حمایتی جهت سرمایه گذاری اولیه برای خرید تجهیزات مدرن جوشکاری میتواند نقش اساسی ایفا کند و در کنار دانش بدست آمده تا مرحله اثبات قابلیت اطمینان این روش، در اختیار داشتن تجهیزات به روز و پیشرفته، محرک قابل توجهی برای توسعه این تکنولوژی و پیاده سازی آن برای صنایع مختلف و ارایه خدمات به آن ها می باشد. بنابراین ریز ساخت های حمایتی و کنار ویژگی های فنی از درجه اهمیت مشابهی جهت توسعه این روش برخوردار است.

بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه، قابلیت استفاده از فرایند جوش لیزر برای تولید اتصالات غیر همجنس جهت دستیابی به خواص منحصر به فرد از هر کدام از فلزات پایه مورد ارزیابی و بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از بررسی های حاصل از آزمایش نشان دهنده آنست که استفاده از روش جوش لیزر می تواند جایگزین مناسبی در مقایسه با سایر روش ها با توجه به قیمت مناسب و دسترس بودن این فناوری برای اغلب صنایع باشد. نتایج حاصل از آزمایش نشان دهنده آنست که خواص متالورژیکی و مکانیکی و خواص ظاهری اتصال جوش برای اکثر ترکیبات غیر همجنس مورد استفاده با قابلیت مناسبی بهینه سازی می شود و قابل رقابت با سایر روش های رایج می باشد اگر چه به طور کلی می توان گفت در بسیاری از موارد استفاده از پرتو لیزر گزینه بهتری نسبت به سایر روش ها می باشد. با توجه به ویژگی های منحصر به فرد پرتو لیزر برای جوشکاری در ضخامت های نازک و همچنین قابلیت جوشکاری فلزات غیر آهنی با توجه به توسعه روز افزون منبع تولید لیزر و سیستم های هدایت و انتقال پرتو لیزر، در آینده شاهد قابلیت بالای این روش به دلیل دقت و سرعت و تکرارپذیری عالی نسبت به سایر روش ها خواهیم بود.

منابع

[۱] Sergey Kuryntsev ,(۲۰۲۲) ,A Review: Laser Welding of Dissimilar
Materials (Al/Fe, Al/Ti, Al/Cu)—Methods and Techniques,
Microstructure and Properties, Materials , ۱۵(۱), ۱۲۲.

ma۱۵۰۱۰۱۲۲/۱۰,۳۳۹۰/https://doi.org

[۲] Lanh Trinh , Dongkyoung Lee ,(۲۰۲۴) ,A Study on Laser Welding for
Dissimilar Metals of Aluminum and Copper Using Pulsed Fiber Laser,
International Journal of Precision Engineering and Manufacturing





تولید نانوحامل‌ها با هدف افزایش کارایی دارویی داروها و واکنش‌های پیشرفته

نویسنده: شهلا شاهسوندی، هادی نصر اصفهانی امیر علی حریری ، زرین شریف نیا ، سینا سلیمانی ا، ابوالفضل مرادی ۲ ۱. موسسه تحقیقات واکسن و سرم

سازی رازی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی کرج ایران ۲ بخش بیوتکنولوژی، شرکت بهیار صنعت سپاهان، اصفهان ایران

ایمیل: info@behyaarzist.com

چکیده

نانو حامل‌ها از ترکیبات ضروری ساخت داروها و واکسن‌های پیشرفته امروزی به شمار می‌روند. که انتقال حداکثر مواد موثره؛ برای درمان یا پیشگیری از بیماری‌ها به نقاط هدف در بدن را امکان‌پذیر ساخته. بدون وجود این مواد عملاً بسیاری از واکسن‌ها و داروهای تزریقی قابلیت عبور از لایه‌های مختلف پوشش اندام هدف را نخواهند داشت.

شرکت بهیار زیست، شاخه زیست فناوری

شرکت بهیار صنعت سپاهان در همکاری با موسسه واکسن‌سازی رازی به فناوری تولید این نانوحامل دست یافت و در حال حاضر در حال توسعه استفاده از نانوحامل‌ها برای تولید واکسن‌های دیگر می‌باشد. مقاله حاضر فرآیند دستیابی به فناوری اولین نانوحامل تولید شده را ارائه داده و بدینوسیله آمادگی این شرکت برای تولید سایر نانوحامل‌ها با کاربردهای متفاوت را به فعالان حوزه تولید دارو و واکسن اعلام می‌نماید.

همه گیری کووید - ۱۹ به طور قابل توجهی کاربرد موفقیت آمیز نانوذرات لیپیدی (LNP) را به عنوان یک پلتفرم پیشرفته برای تحویل واکسن mRNA برجسته کرده است. در مرحله اول این مطالعه ما از دانه روغنی گلرنگ بومی برای تهیه دی لینولئیل الکل استفاده کردیم سپس لیپید کاتیونی (MC۳) DMA-DLin-MC۳ با مخلوط کردن الکل با دی متیل آمینو بوتیریک اسید سنتز شد. MC۳ مشتق شده از گلرنگ برای فرموله کردن یک ناقل LNP.بات ترکیب استاندارد استفاده شد. کاندیدای واکسن mRNA-LNP تولید شده از نظر اندازه مورفولوژی کارایی انکپسولاسیون pKa ، mRNA ظاهری و پایداری برای تحویل اسید نوکلئیک ارزیابی شد. جذب سلولی با اندازه گیری درصد بیان GFP تعیین شد و سمیت سلولی با استفاده از MTT سنجیده شد. تشکیل MC۳ توسط طیفهای NMR تأیید شد و به عنوان یک لیپید کاتیونی در فرمولاسیون LNP مورد استفاده قرار گرفت. نانوذرات لیپیدی به دستآمده دارای بار مثبت و اندازه ذرات مناسب حدود ۸۰ نانومتر) بودند تا راندمان کپسوله سازی مناسب برای انتقال و پایداری mRNA را فراهم کنند نشان داده شد که نانوذرات لیپیدی در انتقال رونوشت‌های mRNA به سلولهای HEK۲۹۳T مؤثر هستند. سطح

بالایی (۷۲۳۴) از جذب سلولی با اندازه گیری درصد بیان GFP تعیین شد.

سنجش سمیت سلولی با استفاده از MTT نشان داد که هم LNP و هم mRNA-LNP برای سلولها غیرسمی بودند. این داده ها پتانسیل لیپید کاتیونی مشتق شده از گلرنگ پیشنهادی را در فرمولاسیون LNP نشان میدهند. این حامل بستری امیدوار کننده برای انتقال کارآمد mRNA در شرایط آزمایشگاهی فراهم میکند ارزیابیهای بیشتر در مورد پتانسیل آن برای انتقال در داخل بدن مورد نیاز است.

۱.مقدمه

نانوذرات مبتنی بر لیپید (LNPs) عامل کلیدی در تکامل فناوری واکسن بوده اند که ریشه های آنها به توصیف اولیه لیپوزومها در سال ۱۹۶۱ برمی گردد همه گیری اخیر ویروس کرونا واکسنهای مبتنی بر mRNA را در کانون توجه قرار داده است و به دلیل پایداری ایمنی و اثربخشی آنها در برانگیختن پاسخهای ایمنی سلولهای B و T مورد ستایش قرار گرفته اند. مفهوم واکسنهای mRNA، که شامل انتقال اطلاعات ژنتیکی از DNA در هسته به سیتوپلاسم سلول به شکل mRNA است، در سال ۱۹۶۱ به عنوان یک ایده نظری آغاز شد و متعاقباً تا سال ۱۹۹۰ به عنوان یک کاربرد عملی در مدل‌های حیوانی نشان داده شد(۱-۳). دراین مطالعه ، ما بر روی لیپید MC۳ تمرکز میکنیم که به دلیل تأیید FDA در درمانهای RNA و اثربخشی آن در فرمولاسیونهای LNP- mRNA قابل توجه است. از دیدگاه شیمیایی MC۳ حاوی دو دنباله اسید لینولئیک CIA است که به افزایش راندمان ترانسفکشن LNPها کمک میکند از دیدگاه شیمیایی MC۳ حاوی دو دنباله اسید لینولئیک C۱۸ است که میتواند راندمان ترانسفکشن LNPها را افزایش دهد روغن خوراکی گلرنگ حاوی سطح بالایی از اسیدهای لینولئیک با مقدار میانگین ۷۰٫۶۶٪ است. ما ابتدا MC۳ را از روغن گلرنگ از طریق یک فرآیند چند مرحله ای سنتز کردیم، سپس یک mRNA SARS-CoV۲ کپسوله شده با LNP تهیه کردیم ما از mRNA dimer- RBD مطابق با گونههای (۱،۶۱۷،۲.B) ۲-Delta SARS-CoV و (۱،۱،۵۲۹.B) Omieron استفاده کردیم. شاخص پراکندگی اندازه ذرات پتانسیل زتا راندمان کپسوله شدن و سمیت سلولی mRNA-LNPها در شرایط آزمایشگاهی برای تعیین پتانسیل آنها در کاربردهای واکسن ارزیابی شد.

۲ مواد و روشها

آماده سازی مواد لازم جهت سنتز نانو ذره لیپیدی به اختصار طی مراحل زیر انجام شد.

۲،۱ استخراج و خالص سازی روغن گلرنگ ، تهیه الکل لینولئیل اسیدهای چرب شامل اسیدهای اولئیک، لینولئیک و لینولنیک، از تری گلیسریدهای روغن گلرنگ سنتز دی متیل آمینو بوتیریک اسید مُک دی متیل آمینو بوتیریک اسید تشکیل MC۳

۲،۲ پلاسمید RBD و رونویسی mRNA در شرایط آزمایشگاهی

توالی ژن کدکننده دومین اتصال گیرنده هترودایمر (RBD) از گونههای Delta ۲-SARS-CoV و Omicron سنتز و متعاقباً در وکتور بیانی pVAX۱ (۷۲۶۰۲۰ InvitrogenTM,Cat# کلون شد.

۲،۲،۲ رونویسی آزمایشگاهی (IVT)

DNA پلاسمید خطی شده با استفاده از کیت رونویسی ULTRA TV (InvitrogenTM, Cat# AM۱۳۴۵ طبق دستورالعمل شرکت سازنده تحت IVT قرار گرفت

۲،۳ آماده سازی mRNA-LNP و ارزیابی اندازه ذرات پتانسیل زتا راندمان انکپسولاسیون، مورفولوژی و پایداری LNPها. همچنین ثابت تفکیک اسید سطحی (pKa)، پایداری mRNA-LNP، انتقال mRNA در شرایط آزمایشگاهی به سلولهای کلیه جنینی انسان (HEK) واندازه گیریهای جذب سلولی و سمیت سلولی ارزیابی شد

۲،۱۲ تحلیل‌های آماری

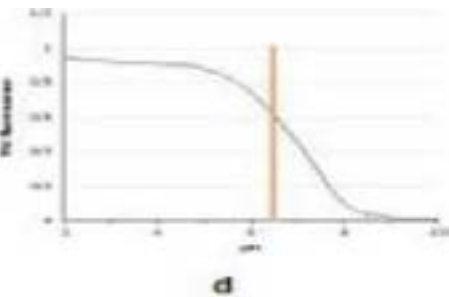
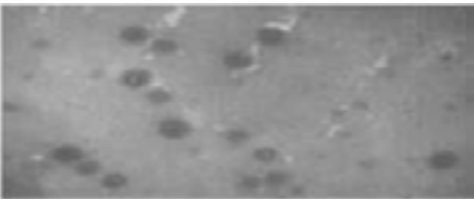
تحلیل‌های آماری داده ها با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه انجام شد و به صورت + میانگین انحراف معیار (SD) نشان داده شد. P۰٫۰۵ از نظر آماری معیندار در نظر گرفته شد.

۳ نتایج

از دستگاه GC برای ارائه تجزیه و تحلیل کمی دقیق از ترکیب اسیدهای چرب روغن گلرنگ خالص استفاده شد. تجزیه و تحلیل GC محتوای بالایی از اسید اولئیک و اسید لینولئیک را نشان داد که در مجموع اکثریت پروفایل اسید چرب روغن را تشکیل میدادند. نکته قابل توجه این است که عدم وجود پیکهای انیدرید حلقوی در ۱۷۷۹ و ۱۸۴۹ cm^{-۱} نشان داد که بیشتر MAH با روغن گلرنگ واکنش داده است تشکیل MC۳ همچنین توسط طیفهای NMR (شکل ۱) تأیید شده است.

شکل ۱ طیفهای FTIR مربوط به (a) اسید لینولئیک (b) الکل دی لینولئیل و (c) اسید دی متیل آمینوبوتیریک

(d) طیف ۱H NMR مربوط به MC۳

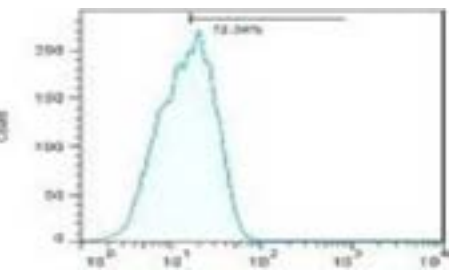
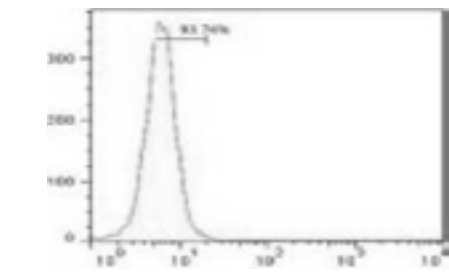


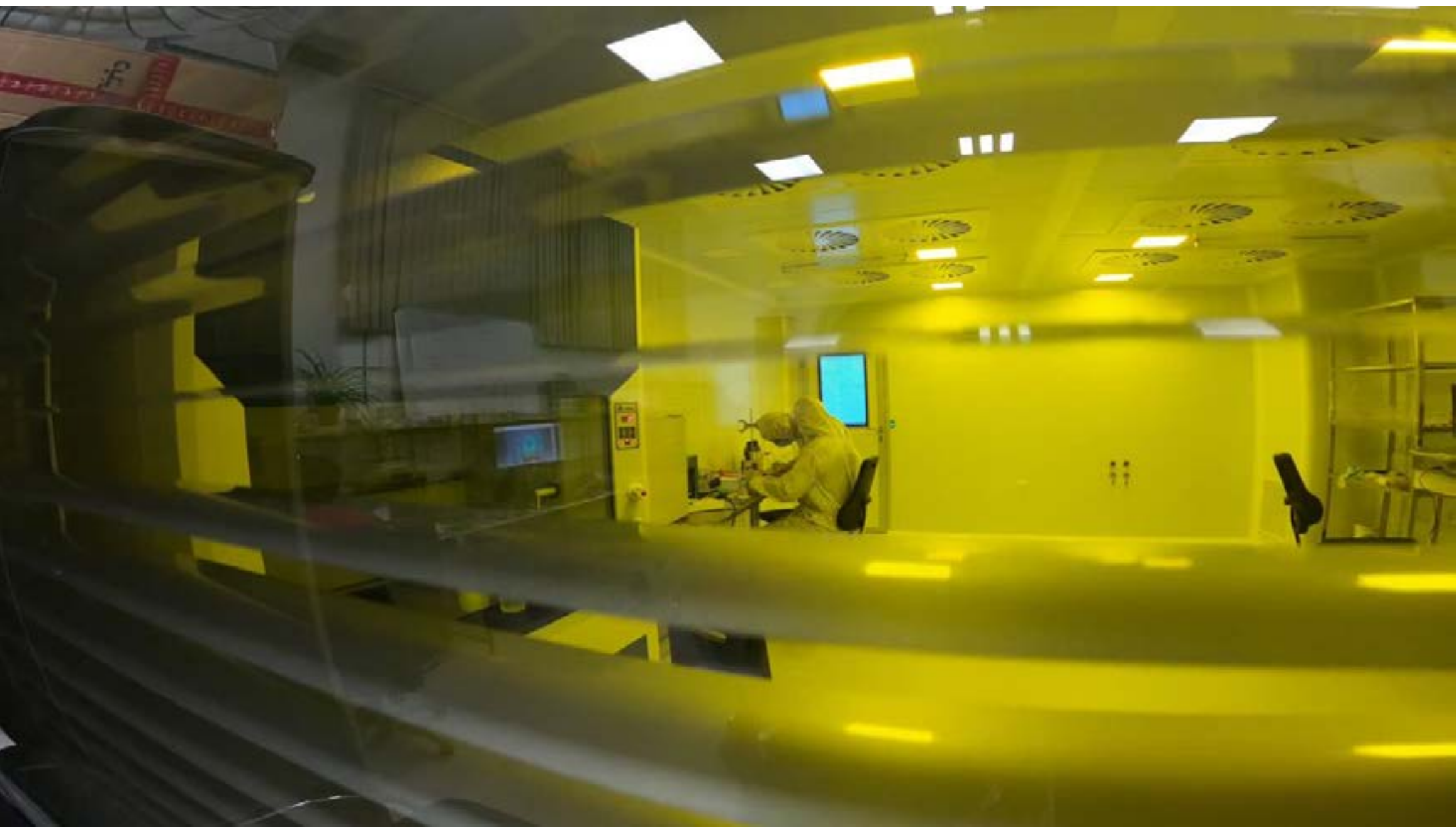
نتایج مربوط به مشخصات فیزیکوشیمیایی نانوذرات مبتنی بر لیپید در شکل ۲ به نمایش

گذاشته شده است

شکل ۲ مشخصه یابی فیزیکوشیمیایی نانوذرات مبتنی بر لیپید: (a) داده های پراکندگی نور پویا نشان دهنده اندازه هیدرودینامیکی در محدوده ۸۱٫۷۲ نانومتر است؛ (b) بارهای سطحی نانوذرات از نظر آنالیز پتانسیل پتانسیل زتا ۵٫۸۳- میلی ولت را نشان میدهد؛ (c) تصویر TEM مورفولوژی کرووی را نشان میدهد (d) نمودار سنجش TNS نانوذرات لیپیدی نماینده برای تعیین pKa ظاهری.

مرحله نهایی شامل اعتبارسنجی آزمایشگاهی (vitro in) انتقال mRNA-LNP به سلولهای HEK-۲۹۳T در مقایسه با لیپوفکتامین به عنوان استاندارد طلایی ترانسفکشن بود. LNPها همچنین ۷۲٫۳۴ انتقال mRNA به رده سلولی را نشان دادند (شکل ۳) بیان GFP به مدت ۴۸ ساعت حفظ شد.





سپاسگزاری

نویسندگان مایلند از دکتر محمد حسین فلاح مهرآبادی و
مهندس فرید نجات بخش به خاطر حمایتشان تشکر

بحث

در این مطالعه ما بر سنتز اجزای اسید لینولئیک و بار، پیوند دهنده استر و دنباله لینولئیل تمرکز کرده ایم تجزیه و تحلیل شیمیایی اولیه نشان میدهد که اسید لینولئیک اسید چرب اصلی در روغن گلرنگ تهیه شده است. در این مطالعه mRNA-LNPs پتانسیل زتای کمتری نسبت به LNP بدون بار نشان دادند که میتوان آن را به بار منفی mRNA و جذب الکترواستاتیک قوی با LNPها نسبت داد. این بار سطحی انتقال هدفمند mRNA بارگذاری شده به سلولهای خاص را تسهیل میکند. علاوه بر این فرمولاسیون LNP با لیپید MC³ آماده شده، کپسوله سازی mRNA مؤثری را نشان داد

ویژگی محوری لیپیدهای یونیزه شونده لازم برای رسانش قوی مقدار pKa است زیرا لیپید باید به سرعت یونیزه شود تا محموله mRNA را در یک محل مناسب آزاد کند (۱۹). در مطالعه ما مقدار pKa برابر با ۶٫۴۸ تخمین زده شد که محدوده بهینه برای رسانش عضلانی mRNA-LNPS است. این داده ها نشان میدهد که لیپید MC³ سنتز شده به عنوان یک جزء کلیدی فرمولاسیونهای LNP میتواند بر رسانش درون سلولی mRNA تأثیر بگذارد. در این مرحله کارایی ترانسفکشن mRNA-LNPهای فرموله شده با استفاده از فلورسنت در سلولهای HEK۲۹۳T بررسی شد. سینتیک بیان GFP در سلولهای HEK۲۹۳T ترانسفکت شده با mRNA-LNPها، سطح ترانسفکشن بالایی را نشان داد که نشاندهنده موفقیت LNPهای مبتنی بر MC³ به عنوان یک حامل دارورسانی است. در این مطالعه ما یک لیپید کاتیونی مشتق شده از گلرنگ سنتز کردیم خواص فیزیکوشیمیایی لازم برای تحویل mRNA با استفاده از LNP را تجزیه و تحلیل کردیم و یک پلتفرم تحویل mRNA مؤثر با سمیت سلولی کاهش یافته معرفی کردیم. اثربخشی سیستم باید از نظر ظرفیت آن برای تحویل محموله مورد نظر به سلولهای مزانشیمی، توانایی آن در القای پاسخ ایمنی تأثیر آن بر تولید سیتوکین و ایمنی و تحمل آن در مدل‌های حیوانی ارزیابی شود .



بررسی مواد ضد میکروبی طبیعی در بسته بندی های فعال زیست تخریب پذیر و اثرات آن در ایمنی مواد غذایی

چکیده

انسان ها در طول روز از مواد غذایی مختلفی تغذیه می کنند، با این حال، این منابع مهم وحیاتی به راحتی توسط باکتری های عامل فساد آلوده می شوند و این امر دلیل بر کاهش کیفیت و ماندگاری در مواد غذایی می شود. باکتری های عامل فساد در غذا می توانند بیماری را باشند و منجر به بیماری های منتقله از غذا شوند که سلامت انسان ها را به خطر می اندازد، این موضوع همچنین باعث استفاده گسترده از نگهدارنده های مصنوعی شده است که هم در کوتاه مدت و هم در بلندمدت اثرات منفی بر سلامتی انسان ها داشته اند. از سویی سیستم های بسته بندی مبتنی بر مشتقات نفتی با افزایش نگرانی های زیست محیطی همراه بوده است بنابراین توسعه مواد زیست تخریب پذیر بیولوژیکی توجه بیشتری را به خود جلب کرده است.

براین اساس و با توجه به افزایش آگاهی مصرف کنندگان و تقاضا برای غذاهای با کیفیت و بسته بندی سازگار با محیط زیست، محققان تمرکز خود را به پیشرفت های پایدار در سیستم های بسته بندی فعال معطوف کرده اند. این سیستم ها به گونه ای طراحی می شوند که کیفیت غذا و ویژگی های حسی آن را در طول زمان حفظ می کنند و می توانند عمر مفید محصول را افزایش دهند و ایمنی میکروبیولوژیکی را برای مصرف کنندگان فراهم کنند. هدف ازاین مقاله، مطالعه ای بر کاربردهای فیلم های زیست تخریب پذیر و مواد ضد میکروبی طبیعی مشتق شده از میکروارگانیسم ها، گیاهان و جانوران در کاهش بار میکروبی مواد غذایی و اثرات آن در صنعت بسته بندی مواد غذایی می باشد. آزمایشگاه پگاه آزما به عنوان جامع ترین آزمایشگاه بسته بندی نسبت به استاندارد سازی این محصول و بررسی خصوصیات و بررسی عملکرد این فیلم ها همچنین اندازه گیری اثرات آن بر روی مواد غذایی و نیز تعیین قابلیت زیست تخریب پذیری به عنوان همکار سازمان غذا و دارو و استاندارد اقدام می نماید.

۱- مقدمه

غذا ماده اولیه مورد نیاز انسان برای زنده ماندن است و بیماری های منتقله از غذا یک مسئله مهم در جهان می باشند که نیاز به توجه ویژه دارند. در کشورهایی که سیستم های نظارتی آن ها بر ایمنی ضعیف غذایی برپا می باشد، موارد مسمومیت غذایی افزایش یافته و منجر به مرگ و میر می شود. این بیماری ها افراد را در گروه های سنی مختلف، به ویژه کودکان زیر پنج سال و جوامع کم درآمد، تحت تاثیر قرار می دهند (۱). بیماری های منتقله از غذا معمولاً ماهیت عفونی یا سمی دارند و در اثر ورود باکتری ها، ویروس ها، انگل ها یا مواد شیمیایی از طریق غذای آلوده به بدن، ایجاد می شوند این بیماری ها معمولاً عفونت های ناشی از غذا یا مسمومیت غذایی نامیده می شوند مستند شده است که ۳۱ عامل بیماری زا سالانه باعث ۳۷,۲ میلیون بیماری در ایالات متحده می شود. از این تعداد، ۹,۴ میلیون نفر از طریق غذا بیمار می شوند که ۵۹٪ توسط ویروس ها، ۳۹٪ توسط باکتری ها و ۲٪ توسط انگل ها ایجاد می شوند (۲).

براساس آمار مشخص شده است که بیشتر از ۲۵ درصد مواد غذایی قبل از مصرف به دلیل آلودگی میکروبی فاسد میشوند و این مسئله به عنوان یک مشکل مهم که باعث زیان اقتصادی قابل توجهی می شود شناخته شده است، نگهدارنده های مصنوعی مانند اسید سوربیک، اسید بنزوئیک، نیتريت ها و پارابن ها معمولاً برای مهار رشد باکتری های فاسد کننده یا عوامل بیماری زا در غذا استفاده شده اند و استفاده از این مواد نگهدارنده با مسائلی مانند آسم، آلرژی، چاقی و ... مرتبط بوده است. به طور مثال مصرف بیش از حد سوربات پتاسیم و سوربات سدیم بر تعادل متابولیک بدن تأثیر منفی می گذارد. نمونه دیگر نیترات سدیم است که برای نگهداری سوسیس و کالباس استفاده می شود و می تواند منجر به سرطان ریه و پانکراس شود. همچنین پروپیل گالات مورد استفاده در بسته بندی شیر باعث التهاب غده پروستات و تومورهایی در مغز، پانکراس و غده تیروئید می شود. بنابراین انتخاب غذاهای طبیعی که تحت تاثیر مواد شیمیایی و مصنوعی نباشند توسط مصرف کنندگان در خط مقدم سیستم تغذیه ای قرار گرفته است (۱).

شیوع بیماری های میکروبی ناشی از مواد غذایی، دلیل بر جستجوی راه های نوآورانه برای مهار رشد میکروبی در غذاها، با حفظ کیفیت، تازگی و ایمنی می شوند. اگرچه روش های سنتی نگهداری مواد غذایی، مانند خشک کردن، گرم کردن، انجماد، تخمیر و ترشی کردن، می توانند ماندگاری غذا را افزایش دهند، اما در مهار رشد میکروارگانیسم های بیماری زا که ممکن است برای سلامت عمومی مشکل ایجاد کنند، عالی نیستند (۳). بنابراین بسته بندی ضد میکروبی با مواد طبیعی یک روش جایگزین عالی برای کاهش، محدود کردن یا مهار رشد میکروارگانیسم های بیماری زا و عامل فساد در محصولات غذایی است و به دلیل تأثیر مفید آن بر کیفیت و ایمنی مواد غذایی و همچنین افزایش ماندگاری، مورد توجه صنعت بسته بندی قرار گرفته است. اساس این سیستم مبنی بر آن است که عوامل ضد میکروبی در یک ماتریکس

پلیمری ترکیب می شوند تا فیلم های بسته بندی ضد میکروبی تولید کنند که به سرکوب میکروبی که فعالیت آن باعث آلودگی غذا می شود، کمک کند (۳).

فعالیت ضد میکروبی چنین سیستم های بسته بندی معمولاً مبتنی بر گسترش فاز تاخیری و کاهش تعداد سلول های زنده میکروب های هدف برای کاهش و مهار رشد میکروبی است. غذاهای فاسد شدنی مثل لبنیات و همچنین میوه ها و سبزیجاتی که اغلب در اثر رشد میکروبی و آلودگی فاسد می شوند را می توان با استفاده از چنین تکنیک های بسته بندی محافظت کرد. این سیستم های بسته بندی ضد میکروبی برای تحقق و خدمت به سه هدف اصلی، یعنی نگهداری کیفیت، تضمین ایمنی و افزایش ماندگاری توسعه یافته اند (۴).

از طرفی سیستم های بسته بندی معمولی عمدتاً از پلاستیک های غیر قابل تجزیه مانند پلی اتیلن (PE)، پلی پروپیلن (PP)، پلی استایرن (PS) و پلی اتیلن ترفتالات (PET) ساخته شده اند. اگرچه برخی از این ترکیبات ویژگی های مهمی در حفظ دما و مقاومت مکانیکی دارند، اما به دلیل عدم تجزیه زیستی و افزایش ضایعات بر محیط زیست تأثیر منفی می گذارند. از این رو، گنجاندن سیستم های جدید فرموله شده با مواد پایدار و زیست محیطی برای جایگزینی بسته بندی های معمولی به طور فزاینده ای مورد نیاز شده است (۵).

۱-۱- پلیمرهای زیست تخریب پذیر

انواع مختلفی از پلیمرهای زیست تخریب پذیر مانند نشاسته، کیتوزان، پروتئین سویا، سلولز، زین، پلی لاکتیک اسید (PLA) و پلی وینیل الکل (PVA) همراه با ترکیبی از پلیمرهای زیستی مصنوعی و طبیعی در بسته بندی های ضد میکروبی فعال برای افزایش ماندگاری محصولات غذایی مختلف استفاده شده است. ترکیب دو یا چند پلیمر و مواد ضد میکروبی برای ایجاد یک فیلم کامپوزیتی مبتنی بر زیست ممکن است به یک فیلم با قابلیت تجزیه زیستی قابل بحث منجر شود که توسط بسیاری از محققان مورد توجه قرار گرفته است (۴).

آگار-آگار یک بیوپلیمر متعلق به پلی ساکاریدهای طبیعی استخراج شده از جلبک های قرمز از کلاس رودوفیتا است. یک ماده زیست سازگار و زیست تخریب پذیر است که به طور گسترده در چندین شاخه صنعتی استفاده می شود. فیلم های بیوپلاستیک مبتنی بر این پلیمر، ماهیت شکننده ای دارند و حساسیت بالایی به آب دارند، زیرا ماهیت آب دوست دارند، بنابراین کاربرد آن را در محصولی با رطوبت بالا محدود می کنند (۶).

کیتوزان از کیتین که عمدتاً از بقایای پوسته خرچنگ و میگو است به دست می آید، با این حال، می توان آن را از چندین منبع دیگر مانند دیواره سلولی و غشای سلولی قارچ ها، اسکلت بیرونی حشرات و عنکبوتیان بدست آورد.



نویسنده: پرستو صالح ابراهیمی نژاد، سبحان طائریان

اصفهانی

آزمایشگاه کنترل مواد غذایی و بسته بندی پگاه آزما

اصفهان

دانش آموخته دکتری مدیریت عالی کسب و کار، کارشناسی ارشد

مهندسی پلیمر

ایمیل: Pegahazma@gmail.com

استیل زدایی کیتین از تبدیل استامید (NHCO۲) به آمین (NH۲) در محیط بازی رخ می دهد. بنابراین کیتوزان را می توان با درجات مختلفی از استیل زدایی و وزن مولکولی تولید کرد که به طور مستقیم بر خواص بیوپلاستیک ها مانند ویسکوزیته، حلالیت، استحکام کششی و ازدیاد طول تأثیر می گذارد. کیتوزان دارای معایی برای کاربرد در فیلم های پلاستیکی زیستی است زیرا حلالیت کمی دارد و اجازه تعامل با سایر ترکیبات را که اغلب برای ساخت فیلم استفاده می شوند را نمی دهد(۶).

به این ترتیب، اتحاد این دو پلیمر امکان سنتز یک فیلم بیوپلاستیک با ویژگی‌های مناسب برای کاربرد در صنایع غذایی را فراهم می‌کند، زیرا آبگریزی کیتوزان امکان کاربرد در محصولاتی با فعالیت آبی بالا را فراهم می‌کند و ویژگی‌های حرارتی آگار-آگار یکپارچگی مواد را در رابطه با دماهای مورد استفاده در فرآیندهای استریل‌سازی فراهم می‌کند (۶). در مطالعات این فیلم ویژگی‌های مورد نیاز برای نگهداری، محافظت و افزایش ماندگاری پنیر خامه‌ای را نشان داد. مشاهده شد که این فیلم هنگام تماس با غذا دست نخورده باقی می ماند و بنابراین می توان از آن به عنوان مانعی کارآمد نام برد همچنین پاسخ های ضد باکتریایی فیلم بیوپلاستیک اجازه آزادسازی تدریجی ترکیب فعال زیستی را در طول زمان تماس می‌دهد که باعث افزایش پایداری میکروبیولوژیکی محصول می‌شود. بنابراین، فیلم بیوپلاستیک این پتانسیل را دارد که به عنوان یک شکل فعال بسته بندی استفاده شود (۶).

در مطالعه ای دیگر به بررسی میزان اثر گذاری ترکیبات ضد میکروبی بر تجذیه پلیمرهای زیستی پرداخته شد و مشاهده شد که ضریب تجزیه پذیری خاک در فیلم‌های مبتنی بر کیتوزان ۸۹/۰۴ درصد در طی۱۵ روز ثبت شد، در حالی که تخریب برای یک فیلم تیمار شده با عصاره ضد میکروبی ۹۸/۷۶ درصد می باشد که بدون شک در مورد استفاده از این ضد میکروبی‌ها تأیید مثبت واضحی دارد (۴).

۲-۱- مواد ضد میکروبی طبیعی

عامل آنتی باکتریال طبیعی به دسته ای از مواد با ساختار پیچیده اطلاق می شود که از حیوانات و گیاهان در طبیعت استخراج می شود یا توسط متابولیسم میکروارگانیسم ها تولید می شود با توجه به منابع اصلی، آنها را می توان به سه دسته عوامل ضد باکتری طبیعی مشتق شده از گیاه، عوامل ضد باکتری طبیعی مشتق شده از حیوانات و عوامل ضد باکتری طبیعی مشتق شده از میکروارگانیسم ها تقسیم بندی کرد (۳).

۱-۲-۱- اسانس ها و عصاره های گیاهی

اسانس‌ها و عصاره ها به‌طور گسترده‌ای مورد مطالعه قرار گرفته‌اند و

به‌عنوان عوامل ضدباکتری غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند که عمدتاً از رزماری، زنجبیل، پونه کوهی، مریم گلی و سایر گیاهان با تقطیر با بخار آب یا استخراج با حلال به‌دست می‌آیند. آلدئیدها، فنل ها و ترپنوئیدهای حاوی اکسیژن، مواد اصلی ضد باکتری در اسانس ها هستند. مکانیسم ضد باکتریایی آنها این است که این مواد با ساختار فسفولیپیدهای میکروبی و میتوکندری آن ها تداخل می‌کنند و نظم ساختار و بافت آنها را از بین می‌برند و در نتیجه باعث از بین رفتن گسترده محتویات سلولی، یون‌ها و مولکول‌های مهم و در نهایت مرگ سلولی می‌شوند. در حال حاضر عمده ترین اسانس های گیاهی که برای ضدباکتری غذایی تولید شده اند عبارتند از: اسانس پونه کوهی، اسانس دارچین، اسانس سیر، اسانس برگ ریحان، اسانس کاروانول، اسانس علف لیمو، اسانس اوژنول، اسانس تیمول و ... می باشد. آنها به عنوان ترکیبات ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی عمل می کنند و به طور گسترده در مواد بسته بندی هوشمند یا زیست فعال برای جلوگیری از رشد سطحی میکروارگانیسم ها در غذاها استفاده می شوند (۳).

فیلم‌های خوراکی حاوی عصاره‌ها یا اسانس‌های مختلف اثربخشی خود را در برابر پاتوژن‌های غذایی مانند اشرشیاکلی Hv O۱۵۷ ، لیستریا مونوسایتوژنز و سالمونلا نشان داده‌اند. جانگ و همکاران یک فیلم خوراکی برای توت فرنگی حاوی ۱۰٪ عصاره دانه گریپ فروت تولید کردند. این فیلم رشد اشرشیاکلی Hv O۱۵۷ و لیستریا مونوسایتوژنز را مهار کرد و جمعیت باکتری‌های هوازی، مخمر و کپک ها را پس از ۱۴ روز ذخیره‌سازی کاهش داد (۷).

در مطالعه ای دیگر سالادهای آماده برای خوردن در شرایط جوی اصلاح شده با فیلم هایی از پلی پروپیلن به همراه کوپلیمر اتیلن-وینیل الکل حاوی پونه کوهی و سیترال بسته بندی شدند. نتایج نشان داد که فعالیت ضد میکروبی باعث کاهش میکروبیوتای فساد در سالاد و همچنین مهار رشد اشرشیاکلی ، لیستریا مونوسایتوژنز و سالمونلا اتتریکا می‌شود. در این مطالعه مهار در برابر باکتری های گرم منفی بیشتر بود و نشان داده شد که فیلم های مبتنی بر کیتوزان در افزایش ماندگاری محصولات مختلف مانند میوه ها و سبزیجات و گوشت ها و محصولات مختلف بسیار موثر بوده اند (۷).

ودنر و همکاران فیلم های مبتنی بر کیتوزان با ترکیبات زیست فعال از چای سبز و سیاه را برای کنترل لیستریا مونوسایتوژنز روی استیک ژامبون بسته بندی شده در خلاء در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۰ روز و ۴ درجه سانتی گراد به مدت ۸ هفته توسعه دادند. رشد لیستریا مونوسایتوژنز به صورت وابسته به دوز مهار شد و مشاهده شد که استفاده از ۴٪ عصاره چای سبز در هر دو دما موثرترین راهکار بود (۷).

ترکیب نایسین با اسانس های استخراج شده از دانه های انگور و چای سبز نیز از رشد لیستریا مونوسیتوژنز جلوگیری می کند (۱). علاوه بر این، فیلم‌های کیتوزان اصلاح شده با عصاره پوست بادام زمینی اثر آنتی‌اکسیداسیون لیپیدی بهتری را برای گوشت مرغ و گوشت خوک نشان می‌دهند (۸).

۳-۲-۱- پتیدهای ضد میکروبی

پتیدهای ضد میکروبی (AMPs) عمدتاً از ۱۲ تا ۶۰ اسید آمینه با فعالیت ضد باکتریایی تشکیل شده‌اند که به طور گسترده در ارگانیسم‌های مختلف وجود دارند. این AMP ها می توانند فعالیت گسترده ای برای کشتن مستقیم مخمرها، قارچ ها، باکتری ها، ویروس ها و حتی سلول های سرطانی داشته باشند(۳).

AMP ها برای اولین بار در قورباغه خالدار شناسایی شدند، علاوه بر این، بی مهرگان، گیاهان، باکتری ها و قارچ ها نیز می توانند AMP را به عنوان یک پاسخ ذاتی به عفونت تولید کنند، AMP ها دارای بار مثبت خالص و نسبت بالایی از اسیدهای آمینه آبگریز هستند که به آنها اجازه می دهد به طور انتخابی به غشای باکتریایی با بار منفی متصل شوند و این پدیده در نهایت منجر به سوراخ شدن غشای سلولی و نشت محتوای سلولی و فروپاشی پتانسیل غشاء می شود که منجر به مرگ سلولی می شود. این مکانیسم با مکانیسم باکتری کشی آنتی بیوتیک ها متفاوت است، بنابراین باکتریها به آسانی نسبت به آن مقاوم نمی شوند. برخی از AMP ها همچنین دارای عملکرد آنتی اکسیدانی و از بین بردن رادیکال های آزاد هستند. بنابراین،AMP ها چشم انداز کاربردی زیادی در پزشکی، غذا و سایر صنایع دارند. پتیدهای ضد میکروبی عمدتاً با جلوگیری از تکثیر میکروارگانیسم‌های فاسدکننده از زوال اکسیداتیو اجزای غذا جلوگیری می‌کنند تا به هدف تأخیر در فساد مواد غذایی دست یابند. بر اساس انتشار پایدار ترکیبات فعال زیستی مانند AMP ها، می توان کیفیت غذا را حفظ کرده و عمر مفید آن را افزایش داد (۳).

۴-۲-۱- باکتریوسین

باکتریوسین‌ها پتیدها یا پروتئین‌هایی با وزن مولکولی کم ریبوزومی هستند که به صورت خارج سلولی آزاد می‌شوند و دارای فعالیت باکتری‌کشی یا باکتريواستاتیک هستند که به‌ویژه در برابر طیف وسیعی از باکتری‌های گرم مثبت و حتی علیه پاتوژن‌های منتقله از غذا اثرگذار هستند(۸) باکتریوسین های باکتری اسید لاکتیک اغلب در طیف وسیعی از مقادیر pH فعال هستند، در برابر دماهای بالا مقاوم هستند و علاوه بر این، باکتریوسین های LAB به پروتئازهای گوارشی مانند کمپلکس پانکراتین، تریپسین و کیموتریپسین حساس هستند و بنابراین تأثیر منفی بر میکروبیوتای روده ندارند (۹).

استفاده از باکتریوسین ها یا باکتری های تولید کننده اسید لاکتیک (LAB) با طیف وسیعی از فعالیت های ضد میکروبی می تواند ایمنی را بهبود بخشد، میکرو فلور تخمیر را کنترل کند و عمر ماندگاری غذا را افزایش دهد، در حالی که از رشد باکتری های بیماری زا خاص در طول تخمیر جلوگیری می کند و به طور کلی ایمنی محصولات را بهبود می بخشد (۸).

باکتریوسین ها به عنوان نگهدارنده های زیستی به طور گسترده برای جلوگیری از فساد در محصولات غذایی مختلف استفاده شده اند و اثربخشی موثر آن در تخم مرغ، شیر، گوشت، سبزیجات و محصولات غذایی فرآوری شده (پنیر و سوسیس) مشاهده شده است. یکی دیگر از کاربردهای باکتریوسین ها در بسته بندی فعال زیستی مواد غذایی است. باکتریوسین ها را می توان روی سطح پلیمر بسته بندی به شکل عصاره خالص یا به عنوان یک LAB (یک کشت آغازین) تولید کننده باکتریوسین استفاده کرد (۹و۸).

دانسته ایم که بیوفیلم‌ها اغلب روی غذا یافت می‌شوند و اطراف آن تشکیل می‌شوند. بیوفیلم ها مجموعه ای از یک یا چند نوع باکتری هستند که می توانند به سطوح جامد و مواد غذایی بچسبند. این بیوفیلم ها از ماتریکس های خارج سلولی ساخته شده از پلی ساکاریدها، سلولز و پروتئین ها یا DNA اگزوژن تشکیل شده اند. بیوفیلم ها با نشان دادن مقاومت در برابر خشک شدن، گندزدایی، مواد شیمیایی و جریان سیال در لوله ها، از سلول های باکتریایی محافظت می کنند. تشکیل بیوفیلم‌ها می‌تواند منجر به مواد غذایی آلوده ای شود که برای مصرف ناایمن است . بسته بندی مواد غذایی القا شده با باکتریوسین راه حلی برای محافظت از سطوح غذا در برابر باکتری ها، تضمین ایمنی و ماندگاری مواد غذایی است (۱). مطالعات مهار موثر میکروارگانیسم‌هایی مانند لیستریا مونوسیتوژنز، استافیلوکوکوس اورئوس، باسیلوس سرئوس و آلی‌سیکلوباسیلوس اسیدوتترستریس را در بسته‌بندی حاوی باکتریوسین گزارش کرده‌اند (۸).

۵-۲-۱- نایسین

نایسین به عنوان یک باکتریوسین کلاس Ia یا لانتی بیوتیک طبقه بندی می شود و مشخصه ترین و از نظر تجاری مهم ترین باکتریوسین می باشد. سازمان غذا و داروی ایالات متحده آن را به عنوان ایمن (GRAS) طبقه بندی می کند و استفاده از آن به عنوان یک افزودنی برای نگهداری مواد غذایی در بسیاری از کشورها مجاز است (۸).

تا به امروز، هشت نوع از انواع نایسین کشف و شناسایی شده است و مشخص شده است که نایسین های A، Z، F و Q توسط لاکتوکوکس لاکتیس تولید و نایسین های U، P، U۲ و H توسط برخی از سویه های استرپتوکوکوس ها تولید می شوند(۱،۹).

نایسین به طور گسترده ای در پنیر پاستوریزه در ازای جایگزینی نیترات برای جلوگیری از رشد اسپورهای کلستریدیا استفاده شده است. همچنین نشان داده شده است که نایسین در کنترل پاتوژن های مختلف مانند لیستریا مونوسایتوژنز و استافیلوکوکوس اورئوس در محصولات لبنی موثر است. در مطالعه ای از آرکوس و همکاران (۲۰۱۱) نشان داده شد که نایسین لیستریا مونوسایتوژنز و استافیلوکوکوس اورئوس را در شیر ذخیره شده در دمای یخچال کاهش می دهد.

چندین مطالعه همچنین افزودن نایسین را به انواع پنیر (پنیر، پنیر چدار، و پنیر ریکوتا) آزمایش کردند و کاهش مؤثر رشد لیستریا مونوسایتوژنز را نشان دادند، چندین گزارش نشان می دهد که نایسین A در برابر لیستریا مونوسایتوژنز چندان فعال نیست، اما اثر آنتاگونیستی آن با کاهش pH و افزودن NaCl افزایش می یابد(۹).

مطالعه ی دیوسالار و همکاران. نشان داد که نایسین در دماهای پایین یا در یخچال بسیار پایدار می ماند و فعالیت ضد باکتریایی آن به تدریج با افزایش دما از ۴ درجه سانتی گراد به ۲۲ درجه سانتی گراد کاهش می یابد.

براساس تحقیقات پژوهشگران نایسین برای مصرف منظم انسان با دوز ۲٫۹ میلی گرم در هر فرد در روز بی خطر است. علاوه بر این، نایسین به آنزیم های پروتئولیتیک در معده حساس است و تریپسین می تواند نایسین را غیرفعال کند و در نتیجه بر ترکیب میکرو فلور در معده تأثیری نداشته باشد (۱)

کارتن های حاوی نایسین و کیتوزان تأثیر مثبتی بر کیفیت میکروبیولوژیکی شیر و آب پرتقال ذخیره شده در دمای ۱۰ درجه سانتیگراد دارند. یک فیلم پلی اتیلن با چگالی کم با پوشش نایسین می تواند به کنترل میکرو فلور شیر کمک کند. نایسین همچنین، باکتری های اسید لاکتیک و باسیلوس سرئوس را در محصولات گوشتی و پنیرها مهار می کند.
همینطور مشاهده شد که توفوی بسته بندی شده که در آن از نایسین استفاده می شد پس از باز کردن بسته در برابر لیستریا مونوسیتوژنز محافظت می شود. علاوه بر این، نایسین ممکن است در پوشش های خوراکی گنجانده شود تا از رشد عوامل بیماری زا در سطح غذا جلوگیری کند. همچنین شایان ذکر است که اثرات نایسین را می توان با استفاده همزمان از اتیلن دی آمید تترا استیک اسید (EDTA) افزایش داد (۸).

بنابراین ترکیب نایسین با سایر ترکیبات ضد میکروبی اثر بهتری ایجاد می کند.
فرمولاسیون ۵۰۰ IU/g نایسین ۰٫۶ درصد روغن پونه کوهی از رشد سالمونلا انتریتیدیس در گوشت چرخ کرده جلوگیری می کند. در همین حال، افزودن ۰/۳ ppm نایسین و p-cymene رشد سالمونلا تیفی موریوم را در سوسیس سرکوب می کند. ترکیب نایسین با اسانس های استخراج شده از دانه های انگور و چای سبز نیز از رشد لیستریا مونوسیتوژنز جلوگیری می کند. علاوه بر این، نایسین با دی استیل می تواند رشد لیستریا مونوسیتوژنز و انتروباکتر ساکازاکی را مهار کند . استفاده از دو باکتریوسین مختلف پتانسیل بسیار خوبی در مبارزه با میکروب های هدف برای کاهش قابل توجه حداقل غلظت بازدارنده و کاهش دوز مهاری نشان می دهد (۱).

۶-۲-۱۰- پدیوسین

پدیوسین به عنوان یک باکتریوسین کلاس IIa طبقه بندی می شودکه توسط

پدیوکوکوس اسیدی لاکتیسی و پدیوکوکوس پنتوساکوس تولید می شود (۱). پدیوسین به عنوان یک پروتئین با وزن مولکولی کم به دلیل ماهیت پلی پپتیدی اش می تواند در بدن انسان تجزیه شود و به طور مؤثری می تواند باکتری های بیماری زا موجود در غذا را مهار کند پایداری حرارتی خوب، خواص فیزیکی و شیمیایی پایدار و طیف وسیعی از سازگاری با دما و pH باعث می شود که بتواند به عنوان نسل جدیدی از نگهدارنده های طبیعی مواد غذایی، توسعه یابد(۸).

پدیوسین به دلیل اثر ضد میکروبی خود کاربردهای زیادی در نگهداری مواد غذایی دارد که شامل تلقیح سویه تولید کننده یا افزودن مستقیم به غذا و اخیراً گنجاندن آن در بسته بندی مواد غذایی می باشد (۸).

از پدیوسین می توان برای بهبود پایداری غذا، به ویژه در محصولات گوشتی استفاده کرد، زیرا فعالیتی را در برابر رشد لیستریا مونوسایتوژنز، استافیلوکوکوس اورئوس و کلستریدیوم پرفرنزنس نشان می دهد. این باکتریوسین به صورت تجاری با نام ALTA TM ۲۴۳۱ موجود است(۸).

پدیوسین برای استفاده در محصولات لبنی مانند پنیر برای جلوگیری از تشکیل هاگ از گونه های کلستریدیوم و باسیلوس مناسب است. علاوه بر این، پدیوسین های K۱۰ و HW۰۱ به عنوان عوامل آنتی بیوفیلم برای جلوگیری از آلودگی مواد غذایی توسط سالمونلا تیفی موریوم استفاده می شوند. وجود سالمونلا تیفی موریوم در غذا به توانایی آن در تشکیل بیوفیلم های تک یا چند گونه ای مربوط می شود (۱).

سانریاگو-سیلوا و همکاران یک فیلم با ماتریکس سلولزی ایجاد کردند که اثر ضد میکروبی مبتنی بر پدیوسین را نشان می‌دهد این فیلم می‌تواند رشد باکتری‌های بیماری‌زا را مهار کند. محققان برش های ژامبون را تا ۱۵ روز در ماتریکس آماده شده ذخیره کردند و دریافتند که تا ۵۰٪ فیلم پدیوسین دارای فعالیت ضد میکروبی می باشد (۸).

نارایانان و همکاران از پدیوسین خام و پلی هیدروکسی بوتیرات (PHB) برای تولید فیلم های ضد میکروبی استفاده کردند. آنها نشان می دهند که این فیلم دارای فعالیت ضد میکروبی در برابر پاتوژن های غذایی مانند باکتری ها و قارچ ها است. با این حال، پدیوسین خام قادر به مهار رشد قارچ نیست. تنها اثر ترکیبی لایه‌های پدیوسین و PHB باعث فعالیت ضد قارچی شد.. مکانیسم انتشار تدریجی از فیلم بسته بندی به سطح غذا نسبت به غوطه وری و اسپری کردن باکتریوسین مزیت دارد زیرا فرآوری اخیر باعث از بین رفتن فعالیت ضد میکروبی باکتریوسین ها از طریق واکنش با مواد غذایی یا رقیق شدن آنها به دلیل مهاجرت به غذاها می شود (۸).

۷-۲-۱- لاکتیکین

لاکتیکین یکی دیگر از باکتریوسین های تولید شده توسط لاکتوباسیلوس لاکتیس می باشد. این یک باکتریوسین دو پپتیدی است که دارای فعالیت قوی در برابر باکتری های گرم مثبت است با این حال، شایان ذکر است که لاکتیکین از نظر اثربخشی بیشتر و ویژگی هدف با نایسین متفاوت است،

علاوه بر این، مکانیسم اثر با پپتید منفرد نایسین در تضاد است زیرا برای فعالیت باکتری‌کشی بپینه نیاز به تعامل دو پپتید دارد. در سال ۲۰۰۲، کیم و همکاران نشان دادندکه لاکتیکین NK۲۴ می‌تواند رشد میکروبی را در صدف‌های تازه بسته‌بندی شده کاهش دهد و کیفیت شیمیایی و عمر مفید را به طور قابل‌توجهی حفظ کند (۸) از طرفی در مطالعه ای مشاهده شد که ترکیب نایسین A با لاکتیکین می تواند از رشد لیستریا اینوکوا در پنیر جلوگیری کند (۱).

۲- بحث

از نظر علمی، فساد مواد غذایی را می توان فرآیند آلودگی مواد غذایی تعریف کرد که منجر به از بین رفتن بافت، رنگ و ارزش غذایی در محصولات غذایی می شود و اجازه رشد میکروب های بیماری زا و بدتر شدن کیفیت را برای مصرف ایجاد می کند (۱،۴) در این زمینه بسته بندی نقش حیاتی در حفظ ماندگاری اقلام غذایی ایفا می کند، زیرا سالانه تقریباً یک سوم مواد غذایی تولید شده در سطح جهان به دلیل نقص در سیستم بسته بندی تحت تأثیر زوال و ضایعات قرار می گیرند(۵) و این نشان دهنده آن است که بسته بندی به طور مستقیم بر جنبه های اقتصادی و اجتماعی و همچنین سلامت عمومی تأثیر گذار است (۵).

جهت کاهش زیان های اقتصادی و خطرات جانی ناشی از بیماری ها و همچنین، آثار سوءاستفاده از نگهدارنده های شیمیایی در مواد غذایی و مقاومت روزافزون میکرواگانیسم ها به آنتی بیوتیک ها , کاربرد ترکیبات ضد میکروبی طبیعی که دارای تأثیرات کشندگی و بازدارندگی بر عوامل بیماری‌زا هستند، مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است.

از سویی افزایش استفاده از بسته‌بندی‌های پلاستیکی که از نفت مشتق شده‌اند، به دلیل عدم تجزیه‌پذیری کامل آن‌ها به یک مشکل زیست محیطی جدی منجر شده است. اخیراً آگاهی مردم از حفاظت از محیط زیست به طور چشمگیری افزایش یافته است و ادارات حفاظت از محیط زیست توجه بیشتری به آلودگی پلاستیک های مبتنی بر پتروشیمی نشان داده اند. بنابراین، محققان به دنبال مواد و فرآیندهای بسته بندی جدیدی هستند که زیست تخریب پذیر باشند و با محیط زیست سازگارتر باشند (۳).

بسته بندی فعال رویکردی نوآورانه است که در صنایع غذایی با هدف برآوردن انتظارات بالای مصرف کنندگان در مورد ایمنی، ارزش غذایی و برتری کلی محصولات غذایی استفاده می شود (۱۰). تولید بسته بندی زیست تخریب پذیر از پلیمرهای طبیعی سنتز شده، مانند پلی لاکتید (PLA) و کیتوزان افزایش یافته است و ترکیب این پلیمرهای زیستی با ضد میکروب های طبیعی، باعث افزایش اثر ضد میکروبی چنین فیلم هایی می شود و از رشد میکرو فلور بیماری زا غذایی جلوگیری می کند (۱۱).

در مطالعات مشاهده شده است که گنجاندن مستقیم مواد ضد میکروبی در مواد غذایی به دلیل انتشار آنها از طریق ماتریکس، فعالیت بیولوژیکی

موادضدمیکروبی را در برابر میکروارگانیسم ها تضعیف می کند، ولیکن بسته بندی ضدمیکروبی از طریق انتشار کنترل شده ترکیبات ضد میکروبی از مواد بسته بندی بر روی سطح یک محصول غذایی می تواند رشد اولیه میکروارگانیسم های ناخواسته را بر روی سطح به تاخیر بیاندازد یا از آن جلوگیری کند و فعالیت باقیمانده ای را ایجاد کند که در طول نگهداری و فروش مواد غذایی در ماندگاری آنها تأثیرگذار است (۱۱).

لبنیات و همچنین میوه ها و سبزیجاتی که اغلب در اثر رشد میکروبی و آلودگی فاسد می شوند را می توان با استفاده از چنین تکنیک های بسته بندی محافظت کرد. این سیستم‌های بسته‌بندی ضد میکروبی برای تحقق و خدمت به سه هدف اصلی، یعنی نگهداری کیفیت، تضمین ایمنی و افزایش ماندگاری توسعه یافته‌اند و به عنوان روشی مدرن و پیشرفته برای طولانی کردن مدت زمان نگهداری مواد غذایی و افزایش کیفیت کلی آن از طریق تعامل عمدی با خود غذا یا محیط نزدیک آن شناخته شده اند. بسته بندی فعال به طور مؤثر عوامل متعددی از جمله فرآیندهای فیزیولوژیکی، شیمیایی و میکروبیولوژیکی را تنظیم می کند که بر طول عمر مواد غذایی تأثیرگذار است (۱۰).

۳- نتیجه گیری

در سال های اخیر ایمنی مواد غذایی به عنوان یک مسئله حیاتی درجهان مطرح می باشد که بر جنبه های بهداشتی و اقتصادی جوامع در سراسر جهان تأثیر می گذارد. بسته بندی ضد میکروبی فعال یک مفهوم نوآورانه در بسته بندی مواد غذایی است که در بین پژوهشگران ، تولید کنندگان و نمایندگان صنعت بسته بندی مورد توجه قرار گرفته است، با تقاضای روزافزون و متعاقباً گسترش بازار برای محصولات غذایی، فناوری های بسته‌بندی کارآمد و نوآورانه به بخشی جدایی‌ناپذیر از سیاست‌های نوظهور به کار گرفته شده برای تضمین نگهداری و حفاظت از مواد غذایی تبدیل شده‌اند.

علی‌رغم مطالعات فراوانی که برای افزایش دوام و عملکرد مواد بسته‌بندی مبتنی بر زیستی انجام شده است، کاربرد صنعتی و تجاری سازی آنها همچنان نیازمند تحقیقات بیشتر برای ابداع روش‌های مؤثرتر می باشد بنابراین، صنعتی سازی مواد بسته بندی مبتنی بر پلیمرهای زیستی نیازمند تحقیقات بیشتر با هدف بهبود کیفیت فیزیکی، شیمیایی و میکروبیولوژیکی برای افزایش ماندگاری همراه با حفظ ارزش غذایی است.





«زیست فناوری» (Biotechnology) یا بیوتکنولوژی شامل کاربرد سیستم‌های بیولوژیکی موجود در ارگانیسم‌ها یا استفاده از

خود ارگانیسم‌های زنده در جهت ایجاد فناوری‌های پیشرفته جهت ارتقا کیفیت زندگی است.

innovation combined with bacteriocins as emerging strategy for the development of active and intelligent food packaging. Sustainable Chemistry and Pharmacy. Volume ۱۰۱۵۵۱, ۳۹

۶- Contessa K, Silveira da Rosa G, Moraes C. ۲۰۲۱. New Active Packaging Based on Biopolymeric Mixture Added with Bacteriocin as Active Compound. Int. J. Mol. Sci ۲۲(۱۹), ۱۰۶۲۸, ۱۰,۳۳۹۰/https://doi.org/ ۲۲۱۹۱۰۶۲۸ ijms

۷- Quinto EJ, Caro I, Villalobos-Delgado LH, Mateo J, Mateo-Silleras BD, Redondo-Del-Río MP. ۲۰۱۹. Food Safety through (Natural Antimicrobials. Antibiotics (Basel antibiotics ۸۰۴۰۲۰۸

۸- Gumienna, M. Górna, B. ۲۰۲۱. Antimicrobial Food Packaging with Biodegradable Polymers and Bacteriocins. Molecules Basel Vol ۲۶۱۲۳۷۳۵ ۱۰,۳۳۹۰/doi.org/ ۱۲ Iss

۹- Silva CCG, Silva SPM, Ribeiro SC. ۲۰۱۸. Application of Bacteriocins and Protective Cultures in Dairy Food Preservation. Front. Microbiol. ۹:۵۹۴. doi: ۱۰,۳۳۸۹.۰۰۵۹۴.fmicb/۱۰,۳۳۸۹

۱۰- Mousavi M, Mahmoudpour M. ۲۰۲۴. Function and Application of Some Active and Antimicrobial Packaging in the Food Industry. Journal of Microbiota: Vol ۱, issue ۱, ۱۴۴۶۱۶ e

۱۱- Gumienna, M, Górna B. ۲۰۲۱. Antimicrobial Food Packaging with Biodegradable Polymers and Bacteriocins. Molecules ۲۶۱۲۳۷۳۵ ۱۰,۳۳۹۰/https://doi.org

انجام آزمون‌های قابلیت رشد میکروبی، مهاجرت کلی، قابلیت زیست تخریب پذیری، تعیین سرعت عبور گاز و رطوبت، مقاومت کششی و مقاومت به سوراخ شدن از جمله آزمون‌های کنترل کیفیت این نوع بسته بندی ها می باشد بررسی کیفیت این نوع فیلم ها و اندازه گیری اثرات بیوشیمیایی بر روی مصرف کننده بسیار حائز اهمیت است لذا سازمان غذا و دارو به عنوان متولی سلامت در کشور تمرکز ویژه ای بر روی بررسی این اثرات بر روی مواد غذایی و در نهایت مصرف کننده دارد به جهت تسریع و تسهیل این بررسی ها آزمایشگاه های همکار تایید صلاحیت شده از جمله پگاه آزما می توانند این آزمون ها را انجام داده و گزارش این نتایج مورد تایید سازمان های متولی این امر خواهد بود

۴- منابع

۱- Putri D, Lei J, Rossiana N, Syaputri Y. ۲۰۲۴. Biopreservation of Food Using Bacteriocins From Lactic Acid Bacteria: Classification, Mechanisms, and Commercial Applications. International Journal of MicrobiologyVolume, Issue ۱ of ۱,۱۱۵۵/https://doi.org. ۸۷۲۳۹۶۸ ۸۷۲۳۹۶۸/ijm

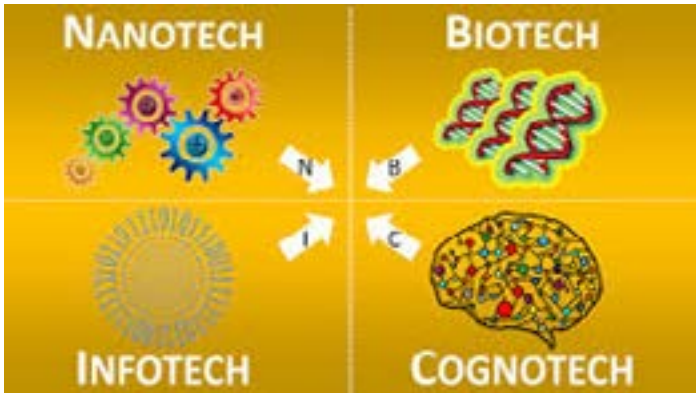
۲- Wagh R, Priyadarshi R, Khan A , Riahi Z, Packialakshmi J, Kumar P, Rindhe S, Whan Rhim J. ۲۰۲۵. The Role of Active Packaging in the Defense Against Foodborne Pathogens with Particular Attention to Bacteriophages. Microorganisms ۱۳(۲), ۴۰۱. https://doi. ۱۰,۳۳۹۰/13020401/microorganisms

۳- Zhen N, Wang X, Li X, Xue J, Zhao Y, Wu M, Zhou D, Liu J, Guo J, Zhang H. ۲۰۲۱. Protein-based natural antibacterial materials and their applications in food preservation. Microbial BiotechnologyVolume ۱۵, Issue ۵ p. ۱۳۲۴-۱۳۳۸

۴- Chawla R, Sivakumar S, Kaur H. ۲۰۲۱. Antimicrobial edible films in food packaging: Current scenario and recent nanotechnological advancements. Materials Science, Environmental Science. Volume ۲, ۱۰۰۰۲۴

۵- Correia L, Pinho G , Cruz Neves TH, Oliveira Vieira K, Maddela N, Prasad R, Winkelstroter L. ۲۰۲۴. Nanotechnology

مسیر توسعه فناوری های همگرا در ایران



چکیده

فناوری‌های همگرا شامل چهار فناوری نانو، زیستی، اطلاعاتی و شناختی (NBIC) هستند که می‌توانند از طریق ادغام و هم‌افزایی، نیازهای

بشر را به گونه‌ای برآورده کنند که هیچ فناوری دیگری قادر به انجام آن نبوده است. این توانایی منحصر به فرد، حاصل ویژگی‌های ممتاز این

فناوری‌ها و قابلیت ادغام آن‌ها است. فناوری‌های همگرا از ابتدای هزاره سوم مورد تأکید قرار گرفته‌اند. انتظار می‌رود این فناوری‌ها، پایه و

اساس یک فناوری بزرگ را بنا نهند که بتواند تمدن بشری را به طور کامل متحول کند. دراین گزارش به بررسی چالش‌ها و فرصت‌های ناشی از

فناوری‌های همگرا (Converging Technologies) پرداخته می‌شود. اولین بار در سال ۲۰۰۲ در مرکز ارزیابی جهانی توسعه فناوری، در گزارش

ویلسون به اهمیت تکنولوژی‌های NBIC پرداخته شد. این حرکت از طریق سه کنفرانس سالانه که در ایالات متحده برگزار می‌شود، ادامه یافته

است. این تلاش‌ها به تدریج منجر به انتشار مقالاتی در این زمینه توسط سازمان‌ها و نهادهای بین‌المللی مانند کمیسیون اروپا، موسسه OECD

و UNIDO شده است.

فناوری‌های همگرای ایران به طور تدریجی، با تکیه بر تحقیق و

توسعه داخلی و همکاری‌های منطقه‌ای، پیشرفت خواهند کرد. دستیابی

به موفقیت در این حوزه به کاهش فرار مغزها، بهبود زیرساخت‌ها و

تغییرات ژئوپلیتیکی بستگی دارد. بر اساس مطالعات انجام شده، نتایج

نشان می‌دهد که در ایران، بیوتکنولوژی و علوم شناختی به ترتیب

دارای بیشترین و کمترین افق توسعه هستند و جالب‌تر اینکه، ترکیب

بیوتکنولوژی-علوم شناختی امیدوارکننده‌ترین زمینه همکاری محسوب

می‌شود. در ادامه به معرفی تاریخچه و مسیر رشد فناوری های همگرا

در ایران پرداخته می‌شود:

• توسعه علوم زیستی در ایران به دهه ۱۹۲۰ میلادی

برمی‌گردد. تأسیس پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست فناوری،

ایران را در اواسط دهه ۱۹۸۰ وارد دوران زیست فناوری مدرن کرد، از آن

ایران برای پیشتازی در فناوری‌های همگرا، با وجود چالش‌ها، در حال توسعه زیرساخت و سیاست‌های حمایتی است تا به رشد اقتصادی و ارتقای کیفیت زندگی

دست یابد.

زمان تاکنون جامعه علمی ویژگی های قابل توجهی را در شاخه‌های مختلف مرتبط

با بیوتکنولوژی تحت نظارت ستاد زیست فناوری ایجاد کرده است. در این راستا

طبق سندهای تدوین شده ایران قصد دارد سهم خود را از بازار جهانی بیوتکنولوژی

به ۲۳٪ (۲۰۶۲ در سال ۲۰۱۷) افزایش دهد تا سال ۲۰۲۵ به رهبر منطقه‌ای در توسعه

بیوتکنولوژی تبدیل شود. در این مسیر با توسعه فناوری‌های بیوفیلتر برای استفاده

مجدد از آب و تثبیت گرد و غبار با استفاده از مالچ‌های بیولوژیکی اقداماتی نیز

انجام شده است.

• توسعه فناوری های نانو از سال ۲۰۰۱ در ایران از طریق دفتر همکاری

فناوری (TCO) آغاز شد و با مطالعات و تدوین سیاست های مشخص منجر به ایجاد

شورای نوآوری فناوری نانو ایران در سال ۲۰۰۳ و شبکه آزمایشگاه فناوری نانو ایران

در سال ۲۰۰۷ شد و در نهایت ستاد توسعه نانو و میکرو زیر نظر معاونت علمی،

فناوری و اقتصاد دانش بنیان به وجود آمد. در نتیجه چنین رویکردهایی، فناوری

نانو توجه بسیار بیشتری را در بین محققان ایرانی نسبت به سایر فناوری‌های همگرا

به خود جلب کرده است تا جایی که در سال ۲۰۱۵ رتبه هفتم جهان را در انتشارات

به خود اختصاص داده است. با این حال، تحقیقات فناوری نانو با دو چالش اصلی

روبرو است: تعداد کم همکاری‌های بین‌المللی نویسندگان ایرانی و غیرایرانی و

سرعت پایین رشد ثبت اختراع.

• در حوزه فناوری اطلاعات، اولین استفاده از نرم‌افزار در ایران به سال

۱۹۶۲ برمی‌گردد، اما فناوری اطلاعات در دهه ۱۹۷۰ در دانشگاه‌ها و ادارات به طور

گسترده مورد استفاده قرار گرفت. در دوره پس از انقلاب، توسعه نرم‌افزار گسترش

یافت و ایجاد واژه‌پرداز به زبان فارسی به عنوان یک نمونه اصلی از آن بود. در دهه

۱۹۸۰، این اقدامات منجر به تصویب برنامه‌های قطعی برای صادرات نرم‌افزار شد

و بعداً، با تصویب قانون توسعه در سال ۲۰۰۳، تقاضای قابل توجهی برای محصولات

نرم‌افزاری ایجاد شد. برخلاف سایر فناوری‌های همگرا، توسعه فناوری اطلاعات

عمدتاً بر اساس مدل نوآوری مبتنی بر کشش بازار که مورد توافق سیاست‌گذاران

از جمله شورای توسعه فناوری اطلاعات، ارتباطات و امنیت سایبری و سایر بازیگران

است، هدایت می‌شود. در مجموع، سهم اقتصاد دیجیتال ایران از تولید ناخالص

داخلی در سال ۲۰۲۰، حدود ۶/۹ درصد بوده که کمتر از یک سوم میانگین جهانی

(۲۲.۵ درصد) است.

• در حوزه علوم شناختی ایران پس از تأسیس ستاد علوم و فناوری‌های

شناختی (CSTC) به عنوان یک زیرساخت دولتی که از تلاش‌های علمی و فناوری در

این زمینه حمایت می‌کند، شروع به پیشگامی در مطالعات مغز و علوم شناختی در

منطقه کرده است و توانسته دومین کشور در خاورمیانه از نظر انتشارات در حوزه

علوم اعصاب شناختی باشد. با این حال، هنوز نتایج قابل توجهی حاصل نشده

است. در این زمینه دو موسسه تحقیقاتی اصلی که بر علوم شناختی تمرکز دارند

عبارتند از: پژوهشگاه دانش های بنیادی (IPM) که عمدتاً اختلالات مغزی را بررسی

می‌کند و موسسه آموزش عالی علوم شناختی (ICSS) که به مطالعه رابطه متقابل

روانشناسی و علوم اعصاب می‌پردازد.

نتایج مطالعات انجام شده بین ارتباط فناوری های همگرا نشان می دهد که بین

فناوری های (نانو-بایو)، (نانو- ارتباطات) و (نانو- ارتباطات- بایو) بالاترین سطح

روابط بین رشته ای و میان (علوم شناختی-بایو)، (ارتباطات-بایو) و (علوم شناختی-

نانو-ارتباطات) ضعیف‌ترین روابط در ایران وجود دارد.

از چالش های اصلی در زمینه توسعه فناوری های همگرا در ایران می توان به فقدان

زیرساخت های قانونی و مالی، کمبود نیروی متخصص در حوزه‌های بین‌رشته‌ای و

مخاطرات اخلاقی و اجتماعی مانند حریم خصوصی و امنیت داده‌ها اشاره کرد. ار

سوی دیگر فرصت های کلیدی نیز در داخل با به کارگیری این فناوری ها وجود

که عبارتند از:

• رشد اقتصادی از طریق توسعه محصولات نوآورانه

• بهبود کیفیت زندگی با فناوری‌های پزشکی پیشرفته

• پایداری محیط زیست با استفاده از فناوری‌های سبز

در این راستا برای کاهش چالش و تهدیدها جهت توسعه این فناوری ها نیازمند

است که سیاست گذاری هایی هوشمند و هدفمندی از طریق معاونت علمی و

فناوری و اقتصاد دانش بنیان ریاست جمهوری در کنار سایر دستگاه های ذی ربط

انجام شود که در سه دسته کلی می توان آن ها را دسته بندی کرد:

• سیاست‌گذاری پکیارچه شامل ایجاد هماهنگی بین نهادهای تحقیقاتی، صنعتی و دولتی.

• سرمایه‌گذاری در آموزش و پژوهش شامل توسعه رشته‌های بین‌رشته‌ای

و تربیت نیروی متخصص.

• تدوین چارچوب‌های اخلاقی شامل تضمین استفاده مسئولانه از

فناوری‌های همگرا.

این فناوری‌ها با همکاری خود، قابلیت ایجاد تحولات گسترده در حوزه‌های علمی،

اقتصادی و اجتماعی را دارند. با توجه به پیچیدگی و عدم قطعیت‌های موجود در

مسیر توسعه این فناوری‌ها، نیاز به یک چارچوب برنامه ریزی و اقدامات هدفمند

برای توسعه فناوری های مذکور جهت پیشرو بودن در مسیر اقتصاد دانش بنیان

است تا علاوه بر رشد اقتصادی از سایر مزایای جهش فناوری بر سرمایه های

اجتماعی مانند افزایش امید و بهره وری فرآیندهای امروزی بهره برد.



نویسنده: سید عرفان سجادیه

دانش آموخته دکتری مدیریت عالی کسب و کار،

کارشناسی ارشد مهندسی پلیمر

erfan.sajadieh@gmail.com

نوآوری ایرانی در قلب

اروپا: طرح برگزیده دانشگاه

ساینزای ایتالیا



گفت‌وگو با سرکار خانم مهندس نسیم دهقانی Eng.nasimdehghan@gmail.com

مدیرعامل شرکت نقش‌نورآروند

مصاحبه کننده: دکتر بهزاد صادقیان، دبیر انجمن شرکت های دانش بنیان و فناور

استان اصفهان

چکیده

در دنیای امروز، معماری تنها ساختن فضا نیست، بلکه بازآفرینی زندگی و بازسازی امید در

بافت‌های فراموش‌شده شهری است. وقتی یک طرح از دل ایران، در رقابت معماری دانشگاه

ساینزنا در ایتالیا از میان بیش از ۵۰ ایده بین‌المللی انتخاب می‌شود و این طرح منتخب در کتابی

توسط انتشارات دانشگاه سپینزای ایتالیا به چاپ می‌رسد و قابل استفاده برای پژوهشگران می‌شود

، باید آن را نه فقط یک موفقیت طراحی، بلکه یک رویداد فرهنگی دانست. شرکت نقش‌نورآروند

با مدیریت سرکار خانم مهندس دهقانی، سال‌هاست که در مرز نوآوری و هویت ایرانی حرکت

می‌کند. این شرکت که با طراحی‌های پارامتریک و تولید دیوارپوش‌های نوین شناخته می‌شود، در

جدیدترین دستاورد خود، طرحی برای احیای فضاهای ناکارآمد شهری اصفهان ارائه داد که تحسین

داوران بین‌المللی را برانگیخت. در این گفت‌وگو، از نگاه و دغدغه‌های خانم دهقانی درباره این

موفقیت و آینده معماری در ایران می‌پرسیم.

خانم مهندس سلام، خوشحالم که در خدمتتون هستیم، ممنون میشویم خودتان و فعالیتتان را معرفی بفرمایید.

نسیم دهقانی هستم معمار و مدیرعامل شرکت نقش‌نورآروند فعال در حوزه معماری

نوین در طراحی و تولید متریال نوین با ویژگی معماری پایدار

لطفاً درباره موضوع رقابت دانشگاه ساینزای ایتالیا و نحوه شرکت در آن توضیح دهید.

بدلیل فعالیت در حوزه معماری پایدار و شناخت در این حوزه از طریق یکی از دوستان

ترغیب به شرکت در این رقابت شدم در این رقابت دوستانی از کشور ایتالیا و ایران

حضور داشتند

موضوع به این شکل مطرح شد برای شرکت کنندگان که طرح و ایده ایی ارائه بدهند

که راهکاری جهت چالش موضوع مورد نظر را در برگیرد.

چه مسئله‌ای در این رقابت مطرح شده بود و چه نکاتی برای شما در طراحی راه‌حل

اهمیت داشت؟

به عنوان کیس استادی می‌بایستی یک منطقه را انتخاب می‌کردیم که ویژگی این

منطقه تحت عنوان منطقه گمگشته و دور افتاده محسوب می‌شد که بنده شهر

اصفهان در محله کهنه‌ژ اصفهان در مجاورت مادی قدیمی و دور افتاده تحت عنوان

مادی قمیش که خشک و غیر قابل استفاده می‌باشد را انتخاب نمودم

ایده‌ی اصلی طرح شما چه بود و چگونه به آن رسیدید؟

ایده اصلی به این شکل بود که هم توجه به کیفیت فضایی برای ساکنین این منطقه

را در نظر گرفتیم و هم کانسبتی که هم در وهله اول اجرایی باشد هم قابل استفاده

باشد.

در طراحی این پروژه، چه عواملی از معماری ایرانی الهام گرفته بود و شما چگونه به

مسئله جریان آب و کیفیت فضای زیستی در مناطق ناکارآمد شهری پاسخ می‌دهد؟

در طراحی این پروژه که به صورت کلی برای یک منطقه از اصفهان را شامل می

شود در ابتدا از خانه های مسکونی

که در طراحی الهام از عناصر و ویژگی

های معماری ایرانی(الگو گرفته شده از

باغ شاهزاده ماهان کرمان) به صورتی

که در طراحی فضای داخلی در حیات

هر خانه ایی بر اساس قوانین ساخت و

ساز مجاز به ۲۰ درصد استفاده از حیات

برای فضای سبز می باشد از این ویژگی

برای گذر آب از فضای داخلی خانه ها

استفاده شد و مسیر اب تعریف شد و

به بیرون که در نهایت به مادی قمیش

هدایت میشد



به چه صورت فناوری و نوآوری در این طرح لحاظ شده است؟

ایده دوم که آب مصرفی گرفته شده از همان خانه های مسکونی منطقه و تبدیل آب خاکستری مصرفی خانوار و آن به آب مصرفی و ادامه آن به چرخه مادی از دست رفته تبدیل به یک مادی پرجریان که در این

طراحی مسیر رفت و آمد دوچرخه سواری و بازی وفضای سبزینگی و تفریح و تعامل اجتماعی ساکنین نیز در نظر گرفته شد.

آیا این طرح قابلیت اجرا در شهر اصفهان یا دیگر شهرهای ایران را دارد؟

بله به راحتی بدلیل اینکه کاملاً منطقه موجود را بررسی کردیم و طراحی دقیقاً بر اساس وضع موجود شکل گرفت و تبدیل به یک منطقه شهری با ویژگی جدید را

کاملاً امکانپذیر می‌باشد. آمادگی قرارداد اجرایی این پروژه در محله کهنه‌ژ اصفهان با شهرداری اصفهان هستیم.

آینده معماری در ایران را چگونه می‌بینید و نقش شرکت‌های نوآور

مانند نقش‌نورآروند در این مسیر چیست؟

متأسفانه آینده خوبی نمی‌توان انتظار داشت بدلیل فراموش شدن

هویت معماری ایرانی و استفاده از مدل و سبک‌هایی که همکاران

معمار از معماران غربی به عنوان الگو استفاده می‌کنندو حس خلا

درکیفیت روابط و تعامل اجتماعی کاملاً می‌توان احساس کرد .به

عنوان یک معمار همیشه سعی کرده ام در شرایطی که یکسری مدل

های ناکارآمد معماری غرب که به عنوان فرهنگ غلط جای فرهنگ

معماری غنی و اصیل ایرانی شده را بگیرد به گونه ایی که همین

دوستان معمار غرب از الگوهای معماری ایرانی به عنوان یک راهکار در

طراحی استفاده ومتأسفانه به اسم خود ثبت و ضبط میکنند سعی کردم

با کمی خلاقیت و تامل مجدد با شرایط و پیچیدگی های امروز توجه و

نظر کارفرمایان خود را به معماری غنی ایرانی جلب کنم.

چه برنامه‌هایی برای توسعه یا اجرایی کردن این طرح در دستور کار

دارید؟

تعامل و ارتباط و اجرایی کردن این طرح با دوستان و همکاران و افرادی

که علاقمند به رواج این سبک از کیفیت زندگی هستند.

در پایان، چه پیامی برای دانشجویان، معماران جوان و فعالان حوزه

طراحی معماری دارید؟

توجه به اصالت و فرهنگ معماری غنی ایرانی که سرشار از تکنیک های

قابل استفاده از هزاران سال پیش می‌باشد است را در دستور کار سبک

طراحی خود قرار دهند و با تضادها و مخالفت ها در این مسیر صبور

باشندو اگر کمکی در این زمینه باشد سخاوتمندانه در کنارشان خواهیم

بود.

خیلی ممنون از وقتی که در اختیار ما گذاشتید.

شرکت نقش‌نورآروند در زمینه دیوارپوش‌های پارامتریک نیز شناخته

شده است. چه ارتباطی بین این فناوری و پروژه ارائه‌شده وجود دارد؟

نقش نورآروند هم در طراحی هم در تولید محصولات خود از سبکی

برخوردار هست که به گونه ایی شناخته شده و این الگو را در معماری

بهمراه نوآوری تلفیق کرده آن هم بازآفرینی الگوهای معماری ایرانی که

در طراحی معماری این پروژه هم از سبک بازآفرینی استفاده نموده هم

در طراحی نما این خانه های مسکونی از پنل های تولیدی خود استفاده

و اشاره نموده است.

نقش معماری پایدار و بهینه‌سازی انرژی در این طرح چقدر پررنگ

بوده است؟

بهینه‌سازی انرژی را با استفاده از تبدیل آب خاکستری به چرخه آب

مصرفی پررنگ شد و نقش معماری پایدار و با استفاده از ویژگی بالا

بردن بهبود بهره وری و اعتدال همزمان استفاده از مصالح مصرفی

شرکت نقش‌نورآروند و فضای توسعه یافته و قابل استفاده شهری در

این محله مسکونی می‌توان تعریف کرد.

آیا در طراحی این پروژه، با متخصصان یا جامعه محلی هم مشورت

کرده‌اید؟

به صورت میدانی از منطقه بازدید و با ساکنین در حوزه کیفیت زندگی

و شرایط و دسترسی ها و کمبودها صحبت شد.

به نظر شما، چالش‌های اصلی در به‌کارگیری این‌گونه طرح‌ها در

بافت‌های فراموش‌شده شهری ایران چیست؟

اینکه چقدراین طرح ها دیده و استقبال بشوند همچنین بستگی به

اهمیت و توجه دست اندرکاران مدیران شهری به کیفیت زندگی برای

ساکنین محله باشد.

کاربرد مدیریت بر مبنای ریسک در تجهیزات زیر سطحی سکوهای نفتی فراساحلی

نویسنده: محمد میرزایی، دکتری مهندسی مواد، دانشگاه صنعتی اصفهان، مدیرعامل شرکت کیان انرژی نوژان ، hama.mirzaei@gmail.com	
سعیده جلوانی، دکتری مهندسی مواد، دانشگاه صنعتی اصفهان، مدیر فنی شرکت کیان انرژی نوژان	
علی اشرفی، دکتری مهندسی مواد، دانشگاه صنعتی اصفهان، مدیر تحقیق و توسعه شرکت کیان انرژی نوژان	

چکیده

مدیریت بر مبنای ریسک در تجهیزات زیرسطحی سکوهای نفتی فراساحلی یکی از مهم‌ترین رویکردهای مدرن برای تضمین ایمنی، قابلیت اطمینان و بهره‌وری عملیات است. این رویکرد که بر شناسایی، ارزیابی و کنترل ریسک‌های مرتبط با تجهیزات حیاتی زیرسطحی متمرکز است، امکان تصمیم‌گیری مبتنی بر داده و اولویت‌بندی منطقی منابع را فراهم می‌آورد. توسعه نرم‌افزارهای تخصصی برای این منظور می‌تواند قابلیت‌های تحلیلی پیشرفته، یکپارچگی داده‌ها و پشتیبانی تصمیم‌گیری بلادرنگ را ارائه دهد که در نهایت منجر به کاهش قابل توجه هزینه‌های عملیاتی و افزایش سطح ایمنی می‌شود.

مبنای مدیریت ریسک در صنعت نفت و گاز

صنعت نفت و گاز یکی از صنایع پرریسک جهان محسوب می‌شود که همواره با عدم قطعیت‌های متعددی مواجه است [۱]. شرکت‌های نفت و گاز در فرآیند فعالیت‌های خود باریسک‌های مختلفی روبرو هستند که این ریسک‌ها عدم قطعیت‌های متفاوتی به همراه دارند [۱]. این ریسک‌ها در همه حوزه‌های کسب و کار گسترش یافته و از ایمنی کارگران گرفته تا دگرانی‌های زیست‌محیطی را شامل می‌شوند.

هدف و تلاش عمده‌ی مهندسان خوردگی و بازرسی فنی، اجرای یک استراتژی است که قابلیت دسترسی و بازده یک تجهیز را به حداکثر برساند، زوال و خرابی یک تجهیز را کنترل کند، یک عملیات ایمن و درست با محیط را ایجاد کند و هزینه کل عملیات را حداقل کند. این هدف با قبول یک رویکرد سازمان یافته در مطالعه‌ی خرابی تجهیز و طراحی استراتژی بهینه‌ی بازرسی فنی و مدیریت خوردگی به دست خواهد آمد. در سال‌های اخیر مدیریت یکپارچگی سازه و استراتژی‌های بازرسی بر مبنای ریسک ، بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند[۲].

پارامترهای کلی تأثیرگذار بر عمر سکوهای فراساحلی که در سیستم مدیریت یکپارچه ارزیابی می‌شوند، شامل پارامترهای استحکام، اعمال بار و خوردگی و حفاظت کاتدی است.

مرحله بعدی، ارزیابی داده‌ها و شناسایی قابلیت اطمینان هر قسمت از سکو و تناسب آن برای سرویس است. سپس تهیه برنامه بازرسی و تعمیر است که برای تعمیرات جزئی یا اساسی طراحی می‌شود. برنامه بازرسی جامع و دامنه کار دقیق تهیه شده و پس از انجام بازرسی، داده‌ها دوباره تحلیل می‌شوند و سکو مورد ارزیابی مجدد قرار می‌گیرد[۳].

هسته اصلی ارزیابی سکو انجام ارزیابی کیفی ریسک با شناسایی احتمال خرابی و تأثیر شکست است. انجام ریسک کیفی برای سازه‌های دریایی آسان‌تر هست تا ارزیابی ریسک کمی که به تجربه و تحلیل سازه همراه با یک مطالعه احتمالاتی که به بودجه و زمان نیاز دارد.

انواع ریسک‌های تجهیزات زیرسطحی
ریسک‌های فنی

ریسک‌های فنی در تجهیزات زیرسطحی شامل طیف وسیعی از مسائل است که از شکست مکانیکی تجهیزات تا مشکلات کنترل فشار و دما را در بر می‌گیرد[۴]. این ریسک‌ها ناشی از عوامل فنی مانند شکست تجهیزات حفاری، انحراف چاه، و برخورد با سازندهای سخت است[۵]. در محیط زیرسطحی، فشار و دمای بالا، خوردگی، خستگی مواد و پدیده‌های ژئومکانیکی از جمله مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده هستند.

ریسک‌های زیست محیطی
ریسک‌های زیست محیطی در عملیات فراساحلی شامل نشت هیدروکربن‌ها، آلودگی آب‌های دریا، تأثیر بر اکوسیستم‌های دریایی و انتشار گازهای گلخانه‌ای است[۶]. این ریسک‌ها ناشی از عوامل زیست محیطی مانند نشت نفت و گاز، آلودگی خاک و آب، و تخریب اکوسیستم است[۶]. در محیط دریایی، حتی نشت‌های کوچک می‌تواند تأثیرات گسترده‌ای بر محیط زیست داشته باشد.

ریسک‌های مالی و عملیاتی
ریسک‌های مالی مرتبط با تجهیزات زیرسطحی شامل هزینه‌های تعمیر و نگهداری، از دست رفتن تولید، جریمه‌های زیست محیطی و هزینه‌های جایگزینی تجهیزات است[۷]. این ریسک‌ها ناشی از عوامل مالی مانند افزایش هزینه‌های حفاری، کاهش قیمت نفت و گاز، و عدم موفقیت در یافتن مخزن هیدروکربن است[۷]. در محیط فراساحلی، این هزینه‌ها به دلیل پیچیدگی عملیات و نیاز به تجهیزات ویژه چندین برابر افزایش می‌یابد.

تعمیرات اضطراری در محیط فراساحلی نیازمند استفاده از کشتی‌ها، غواصان تخصصی و ربات‌های زیر آب است که هزینه‌های قابل توجهی به همراه دارد. علاوه بر این، توقف تولید حتی برای مدت کوتاه می‌تواند منجر به ضررهای مالی هنگفت شود. بنابراین، مدیریت پیشگیرانه ریسک می‌تواند در کاهش این هزینه‌ها نقش مؤثری ایفا کند.

کاربرد مدیریت بر مبنای ریسک در تجهیزات زیرسطحی
شناسایی و طبقه‌بندی ریسک‌ها

اولین گام در مدیریت بر مبنای ریسک، شناسایی جامع تمامی ریسک‌های بالقوه مرتبط با تجهیزات زیرسطحی است. این فرآیند شامل بررسی تاریخچه عملکرد، تجزیه و تحلیل حالت شکست و اثرات (FMEA)، مطالعات خطر و قابلیت عملکرد (HAZOP) و استفاده از

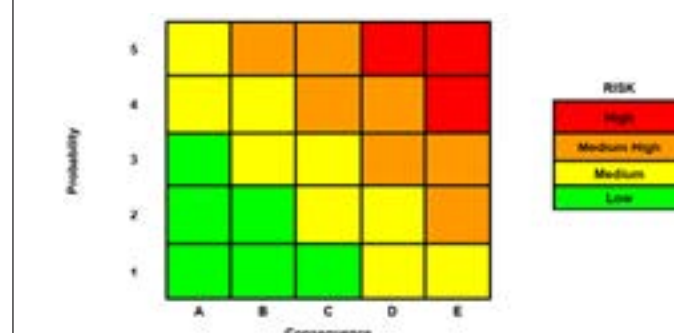
طبقه‌بندی ریسک‌ها بر اساس اولویت و اهمیت آنها امکان تخصیص بهینه منابع را فراهم می‌آورد. معمولاً از روش‌های ماتریس ریسک، تحلیل کمی ریسک (QRA) و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای این منظور استفاده می‌شود. این طبقه‌بندی باید عوامل مختلفی نظیر احتمال وقوع، شدت پیامدها، قابلیت تشخیص و زمان مورد نیاز برای بازایی را در نظر بگیرد.

ارزیابی کمی و کیفی ریسک
ارزیابی ریسک شامل تعیین احتمال وقوع حوادث و تخمین پیامدهای آنها است. برای تجهیزات زیرسطحی، این ارزیابی باید شرایط عملیاتی ویژه، عوامل محیطی و تعاملات بین اجزای مختلف را در نظر بگیرد. روش‌های آماری، مدل‌سازی مونت کارلو، تحلیل درخت خطا (FTA) و تحلیل درخت رویداد (ETA) از جمله ابزارهای مورد استفاده در این مرحله هستند.

استراتژی‌های کنترل و کاهش ریسک
بر اساس نتایج ارزیابی ریسک، استراتژی‌های مناسب برای کنترل و کاهش ریسک تعریف می‌شود. این استراتژی‌ها شامل طراحی ایمن، استفاده از مواد مقاوم، بهبود روش‌های نصب و عملیات، اجرای برنامه‌های نگهداری پیشگیرانه و پیش‌بینانه، نصب سیستم‌های نظارت و هشدار، و آموزش پرسنل است.

اصول طراحی ایمن شامل استفاده از رویکرد Defense in Depth, redundancy, fail-safe و design و اصل ALARP (As Low As Reasonably Practicable) است. سیستم‌های ایمنی مستقل (SIS) نیز نقش مهمی در کاهش ریسک ایفا می‌کنند. این سیستم‌ها باید طبق استانداردهای بین‌المللی نظیر IEC ۶۱۵۰۸ و IEC ۶۱۵۱۱ طراحی و پیاده‌سازی شوند.

محاسبه ماتریس ریسک
ماتریس ریسک شامل یک ماتریس ۵x۵ است که نشان دهنده ریسک های پایین، متوسط، بالا و خیلی بالا است. برای تعیین و رسم ماتریس ریسک نیاز به تعیین احتمال شکست (POF) و پیامدهای شکست (COF) وجود دارد که به آنها و عوامل موثر بر آنها اشاره شده است. شکل ۱ نمونه ای از یک ماتریس ریسک استاندارد را نشان می دهد که احتمال شکست از ۱ تا ۵ و پیامدهای شکست که شامل پیامدهای اقتصادی، محیط زیستی و ایمنی است از A تا E دسته بندی شده است[۲].



شکل ۱- نمونه ای از یک جدول ریسک استاندارد

POF به پارامترهای مختلف از جمله نوع سازه، عمر سازه و میزان خوردگی سازه و نوع حفاظت و غیره وابسته است. برای دسته بندی POF کم‌ترین مقدار و بیشترین مقدار اعداد بدست آمده را در نظر گرفته و از دو نوع طبقه بندی بر اساس ERM (Environmental Resources Management) و OHS (Occupational Health and Safety) که دو شرکت بزرگ چندملیتی در زمینه مدیریت ریسک و سلامت هستند، استفاده می شود.

نوع COF	فوت یک نیرو	فوت یک نیرو	فوت یک نیرو بیشتر از ۲	آسیب جزئی	هیچن آسیب فیت نیرو	آینی و سلامت
	روز آسیب شدید			کمتر از ۲ روز	محیط زیست	محیط زیست اقتصادی
	آلودگی خیلی شدید یا اثرات غیرقابل جبران	آلودگی شدید و تاثیر بر اکوسیستم اطراف	آلودگی قابل توجه که به نیروی یک نفر بر هفته برای برطرف می شود	آلودگی جزئی که به راحتی برطرف می شود	بنون آلودگی	محیط زیست
	ممانعی ها	نظرم برندگان و	توقف تولید کمتر از یک ماه	توقف تولید کمتر از یک شیف	توقف زیان و بنون	توقف تولید برای تعمیرات و نیرو
	توقف تولید به مدت یک سال	توقف تولید کمتر از یک ماه	توقف تولید کمتر از یک ماه	توقف تولید کمتر از یک ماه	توقف تولید کمتر از یک ماه	توقف تولید کمتر از یک ماه

عموما COF به صورت کیفی در نظر گرفته شده و به پنج دسته تقسیم بندی می‌شود ولی به دلیل کمی بودن POF و برای افزایش دقت ماتریس ریسک بهتر از دسته بندی نیمه کمی و کمی استفاده کرد. همانطور که ذکر شد COF شامل پیامدهای ایمنی، محیط زیست و اقتصادی است که بهتر است برای هر کدام از این پیامدها دسته بندی مناسبی عرضه شود. در جدول ۱ دسته بندی مناسبی برای پیامدهای مختلف COF در نظر گرفته شده است. همانطور که در جدول مشاهده می شود پیامدهای اقتصادی COF برا اساس توقف شیفت های کاری برای بازرسی،تعمیرات و تعویض تجهیزات است. که برای هر سکو به صورت اختصاصی قابل دسته بندی است.

همانطور که بیان شده با تعیین POF و COF و دسته بندی آنها می توان جدول ریسک را تعیین کرد. با محاسبه POF و COF هر سکوی نفتی به صورت اختصاصی، میزان ریسک سکو در یکی از ۲۵ ناحیه ماتریس ریسک قرار می گیرد و میزان ریسک سازه از ریسک کم تا ریسک خیلی زیاد بدست می آید. مهمترین کاربرد ماتریس ریسک ارزیابی فواصل بازرسی و سپس اتخاذ بهترین تصمیم برای کاهش ریسک سازه است. همانطور که در ماتریس ریسک مشخص است، رنگ سبز نشان دهنده ریسک کم است که فواصل بازرسی پیشنهادی ۱۰-۱۲ سال است. رنگ زرد نشان دهنده ریسک با درجه متوسط است که فواصل بازرسی ۶-۹ سال پیشنهاد می شود. رنگ نارنجی مربوط به ریسک زیاد است و بهترین فاصله زمانی برای بازرسی سازه ۳-۵ سال است. رنگ قرمز ریسک خیلی زیاد را نشان می دهد که فاصله زمانی در این نوع ریسک بین ۶ ماه تا یک سال است.

مزایای توسعه نرم‌افزار مدیریت ریسک
یکپارچگی داده‌ها و اطلاعات

یکی از مهم‌ترین مزایای توسعه نرم‌افزار تخصصی برای مدیریت ریسک تجهیزات زیرسطحی، امکان یکپارچه‌سازی داده‌ها و اطلاعات از منابع مختلف است. این نرم‌افزار می‌تواند داده‌های عملیاتی از سیستم‌های SCADA، اطلاعات نگهداری از سیستم‌های CMMS، نتایج بازرسی‌ها، گزارش‌های حوادث و داده‌های طراحی را در یک پلتفرم واحد گردآوری و تحلیل کند. این یکپارچگی امکان دیدگاه جامع و هماهنگ از وضعیت ریسک را فراهم می‌آورد.

پایگاه داده مرکزی امکان ردیابی تغییرات ریسک در طول زمان، شناسایی الگوها و روندها، و ارائه گزارش‌های جامع را فراهم می‌کند. همچنین، این سیستم می‌تواند با سایر سیستم‌های سازمانی نظیر ERP، GIS و PLM ادغام شود تا سینرژی بیشتری ایجاد کند. استانداردسازی فرمت‌های داده و استفاده از پروتکل‌های ارتباطی مشترک نیز از مزایای مهم

این رویکرد است.

تحلیل‌های پیشرفته و هوش مصنوعی

مدل‌های پیش‌بینانه می‌توانند بر اساس شرایط عملیاتی، تاریخچه نگهداری و عوامل محیطی، زمان احتمالی شکست تجهیزات را تخمین بزنند. این اطلاعات امکان برنامه‌ریزی بهتر برای تعمیرات، کاهش تعمیرات اضطراری و بهینه‌سازی موجودی قطعات یدکی را فراهم می‌آورد. همچنین، سیستم‌های هشدار هوشمند می‌توانند در صورت تشخیص شرایط غیرعادی، به صورت خودکار اقدامات لازم را آغاز کنند.

پشتیبانی تصمیم‌گیری بلادرنگ

نرم‌افزارهای مدیریت ریسک می‌توانند ابزارهای قدرتمندی برای پشتیبانی تصمیم‌گیری در شرایط بحرانی ارائه دهند. این سیستم‌ها قادرند در زمان واقعی وضعیت ریسک را ارزیابی کرده و گزینه‌های مختلف عمل را با توجه به پیامدهای احتمالی آنها ارائه دهند. قابلیت شبیه‌سازی سناریوهای مختلف امکان بررسی تأثیر تصمیمات مختلف را قبل از اجرا فراهم می‌آورد.

سیستم‌های پشتیبانی تصمیم می‌توانند شامل مدل‌های بهینه‌سازی، تحلیل حساسیت، ارزیابی گزینه‌ها و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره باشند. این ابزارها به مدیران امکان اتخاذ تصمیمات آگاهانه با در نظر گیری تمامی جنبه‌های ریسک را می‌دهند. همچنین، قابلیت تولید گزارش‌های خودکار و ارسال هشدارها در زمان واقعی از دیگر مزایای این سیستم‌ها است.

کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری

استفاده از نرم‌افزارهای مدیریت ریسک می‌تواند منجر به کاهش قابل توجه هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری شود. کاهش تعمیرات اضطراری، بهینه‌سازی برنامه‌های نگهداری، کاهش زمان توقف تولید و جلوگیری از وقوع حوادث جدی از جمله مزایای اقتصادی این رویکرد هستند. مدیریت ریسک می‌تواند به بهبود بهره‌وری عملیات حفاری کمک کند و این امر می‌تواند منجر به کاهش هزینه‌ها و افزایش درآمد شود.

بهینه‌سازی موجودی قطعات یدکی، کاهش هزینه‌های بیمه، جلوگیری از جریمه‌های زیست محیطی و بهبود کیفیت تصمیم‌گیری از دیگر مزایای اقتصادی استفاده از این روش است. همچنین، افزایش سطح ایمنی و قابلیت اطمینان می‌تواند منجر به بهبود شهرت سازمان و افزایش رضایت ذی‌نفعان شود. کاهش ریسک مالی نیز یکی از مزایای مهم این رویکرد محسوب می‌شود.

پیاده‌سازی و چالش‌های اجرایی

الزامات فنی و سازمانی

پیاده‌سازی موفق سیستم مدیریت ریسک مبتنی بر نرم‌افزار نیازمند تأمین الزامات

فنی و سازمانی مختلفی است. از نظر فنی، نیاز به زیرساخت‌های IT مناسب،

سیستم‌های ارتباطی قابل اعتماد، سخت‌افزارهای مقاوم در برابر شرایط سخت محیطی و نرم‌افزارهای تخصصی وجود دارد. همچنین، استانداردسازی فرآیندها، تعریف واضح نقش‌ها و مسئولیت‌ها، و ایجاد فرهنگ ایمنی در سازمان از الزامات سازمانی مهم هستند.

آموزش کارکنان، تدوین دستورالعمل‌های عملیاتی، ایجاد سیستم‌های کنترل کیفیت و تضمین پشتیبانی فنی مداوم نیز از جمله عوامل کلیدی موفقیت هستند. علاوه بر این، باید اطمینان حاصل کرد که سیستم با قوانین و مقررات ملی و بین‌المللی مطابقت دارد و استانداردهای صنعتی را رعایت می‌کند.

یکپارچگی با سیستم‌های موجود

یکی از چالش‌های اصلی در پیاده‌سازی نرم‌افزار مدیریت ریسک، یکپارچگی آن با سیستم‌های موجود در سازمان است. بسیاری از سکوهای فراساحلی دارای سیستم‌های کنترل، نظارت و مدیریت متنوعی هستند که معمولاً از تولیدکنندگان مختلف تهیه شده‌اند. ایجاد ارتباط مؤثر بین این سیستم‌ها و نرم‌افزار جدید نیازمند استفاده از پروتکل‌های استاندارد، توسعه رابط‌های مناسب و احتمالاً ارتقای برخی سیستم‌های قدیمی است.

مهاجرت داده‌ها از سیستم‌های قدیمی، تضمین سازگاری با نسخه‌های مختلف نرم‌افزارها، و حفظ عملکرد سیستم‌ها در طول فرآیند یکپارچگی از چالش‌های فنی مهم هستند. همچنین، باید اطمینان حاصل کرد که یکپارچگی سیستم‌ها منجر به ایجاد نقاط ضعف جدید در امنیت سایبری نشود.

امنیت اطلاعات و سایبری

با توجه به حساسیت اطلاعات مربوط به تجهیزات زیرسطحی و ریسک‌های امنیتی آنها، تضمین امنیت سایبری یکی از مهم‌ترین اولویت‌ها در توسعه و پیاده‌سازی این نرم‌افزارها است. سیستم‌های مدیریت ریسک باید در برابر حملات سایبری، نفوذ غیرمجاز، دستکاری داده‌ها و سایر تهدیدات امنیتی محافظت شوند. این امر نیازمند استفاده از روش‌های رمزنگاری پیشرفته، سیستم‌های احراز هویت چندلایه، فایروال‌های پیشرفته و نظارت مداوم بر امنیت شبکه است.

تدوین سیاست‌های امنیتی جامع، آموزش کارکنان در زمینه امنیت سایبری، انجام تست‌های نفوذ منظم، و ایجاد برنامه‌های پاسخ به حوادث امنیتی از الزامات مهم در این زمینه هستند. همچنین، باید اطمینان حاصل کرد که سیستم با استانداردهای امنیت سایبری صنعتی نظیر NIST Cybersecurity Framework و IEC ۶۲۴۴۳ مطابقت دارد.

ارزیابی مزایا و بازگشت سرمایه

تحلیل هزینه-فایده

ارزیابی دقیق مزایای اقتصادی توسعه و پیاده‌سازی نرم‌افزار مدیریت ریسک یکی از عوامل کلیدی در تصمیم‌گیری برای سرمایه‌گذاری در این زمینه است. مزایای مستقیم شامل کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری، کاهش زمان توقف تولید، بهینه‌سازی موجودی قطعات یدکی، و کاهش هزینه‌های بیمه است. مزایای غیرمستقیم نیز شامل بهبود شهرت سازمان، افزایش رضایت کارکنان، کاهش ریسک‌های قانونی و بهبود روابط با ذی‌نفعان است.

محاسبه بازگشت سرمایه (ROI) باید تمامی هزینه‌های توسعه، پیاده‌سازی، آموزش و نگهداری سیستم را در نظر بگیرد. همچنین، ارزش زمانی پول، عدم قطعیت‌های مربوط به برآورد مزایا، و دوره زمانی مورد نیاز برای تحقق کامل مزایا نیز باید در تحلیل‌ها لحاظ شود. معمولاً انتظار می‌رود که این نوع سرمایه‌گذاری‌ها در دوره زمانی ۳ تا ۵ سال بازگشت سرمایه مطلوبی داشته باشند.

شاخص‌های عملکرد کلیدی

برای ارزیابی موفقیت پیاده‌سازی نرم‌افزار مدیریت ریسک، تعریف شاخص‌های عملکرد کلیدی (KPI) مناسب ضروری است. این شاخص‌ها باید قابل اندازه‌گیری، مرتبط با اهداف سازمان، و قابل دستیابی باشند. کاهش تعداد حوادث ایمنی، افزایش قابلیت دسترسی تجهیزات، کاهش هزینه‌های نگهداری، بهبود زمان پاسخ به اضطرار، و افزایش رضایت کارکنان از جمله شاخص‌های مهم هستند.

نظارت مداوم بر این شاخص‌ها امکان ارزیابی مستمر عملکرد سیستم و شناسایی فرصت‌های بهبود را فراهم می‌آورد. همچنین، مقایسه عملکرد با سایر سازمان‌های مشابه (benchmarking) می‌تواند بینش‌های مفیدی در مورد نقاط قوت و ضعف سیستم ارائه دهد. گزارش‌دهی منظم به مدیریت ارشد و ذی‌نفعان نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

آینده مدیریت ریسک و فناوری‌های نوظهور

اینترنت اشیا و سنسورهای هوشمند

فناوری اینترنت اشیا (IoT) در حال تحول بنیادی در نحوه نظارت و مدیریت تجهیزات زیرسطحی است. نصب سنسورهای هوشمند بر روی تجهیزات حیاتی امکان جمع‌آوری داده‌های بلادرنگ در مورد پارامترهای مختلف نظیر فشار، دما، ارتعاش، خوردگی و عملکرد را فراهم می‌آورد. این داده‌ها می‌توانند به سیستم مدیریت ریسک منتقل شده و برای تحلیل‌های پیشرفته و پیش‌بینی شکست تجهیزات استفاده شوند.

ترکیب IoT با مدل‌های هوش مصنوعی می‌تواند سیستم‌های خودکار تشخیص

ناهنجاری، پیش‌بینی نگهداری و کنترل تطبیقی ایجاد کند. این فناوری‌ها امکان

کاهش قابل توجه ریسک‌ها، بهبود بهره‌وری و کاهش هزینه‌های عملیاتی را فراهم می‌آورند. همچنین، استفاده از شبکه‌های ارتباطی پیشرفته نظیر ۵G می‌تواند قابلیت‌های انتقال داده و کنترل از راه دور را به طور چشمگیری بهبود دهد.

واقعیت مجازی و واقعیت افزوده

فناوری‌های واقعیت مجازی (VR) و واقعیت افزوده (AR) کاربردهای فراوانی در آموزش، نگهداری و مدیریت ریسک تجهیزات زیرسطحی دارند. این فناوری‌ها امکان شبیه‌سازی شرایط مختلف عملیاتی، آموزش کارکنان در محیط‌های ایمن، و ارائه راهنمایی‌های بصری در حین انجام عملیات پیچیده را فراهم می‌آورند. استفاده از VR برای تمرین واکنش به شرایط اضطراری و AR برای کمک به تعمیرکاران در محیط‌های خطرناک از کاربردهای عملی این فناوری‌ها هستند.

ادغام این فناوری‌ها با سیستم‌های مدیریت ریسک می‌تواند تجربه کاربری بهتری ارائه دهد و فهم بهتر وضعیت ریسک را تسهیل کند. همچنین، امکان تجسم سه‌بعدی ریسک‌ها، شبیه‌سازی سناریوهای مختلف و آموزش تعاملی کارکنان از مزایای این رویکرد است.

معرفی شرکت دانش‌بنیان کیان انرژی نوژان

شرکت مهندسی کیان انرژی نوژان یکی از شرکت‌های دانش بنیان مستقر در شهرک علمی و تحقیقاتی اصفهان است. این شرکت فعالیت خود را در زمینه بازرسی زیر آب سازه‌های دریایی با توجه به نیاز کشور و اهمیت این سازه‌ها در تولید نفت و گاز و با در نظر گرفتن افزایش عمر سازه‌های فراساحلی در ایران آغاز کرده است. با توجه به رسالت و چشم انداز این شرکت و توانمندسازی نیروهای متخصص در سطح کشور، فعالیت‌های مهم و اساسی ذیل علاوه بر خدمات مذکور به عنوان گام‌های موثر و کارآمد با رویکردهای آموزشی، خدماتی و مشاوره‌ای توسط این شرکت پایه‌ریزی و اجرا گردیده است:

۱)بازرسی زیرسطحی سازه-های فراساحلی

۲)خدمات آموزشی مرتبط به سازه-های فراساحلی

۳)بازرسی برمبنای ریسک (RBI) سازه-های دریایی، خطوط انتقال نفت و گاز

۴)تهیه نرم افزارهای بازرسی بر مبنای ریسک (RBI) برمبنای استانداردهای مرتبط

۵)انجام خدمات بازرسی کلیه سازه-های صنعتی

۶)ارائه خدمات مشاوره صنعتی

۷)مشاوره، استقرار و پیاده سازی الزامات مدیریت کیفیت

همچنین این شرکت برای اولین بار در ایران و منطقه توانسته است نرم افزاری آنلاین جهت محاسبات ریسک زیرسطحی سازه‌های فراساحلی تهیه و تنظیم کند. بر اساس محاسبات این نرم افزار می‌توان به برخی از خروجی‌های قابل توجه آن اشاره کرد:

- محاسبه ریسک در عمق های مختلف سازه
- تعیین برنامه بازرسی از جمله زمان بازرسی و سطوح بازرسی در آینده
- پیش بینی میزان خوردگی آندهای فداشونده بر اساس خروجی های شبیه سازی
- تعیین برنامه مشخص جهت کاهش ریسک(Risk mitigation)

منابع:

نتیجه‌گیری

مدیریت بر مبنای ریسک در تجهیزات زیرسطحی سکوهای نفتی فراساحلی یکی از ضروری‌ترین رویکردهای مدرن برای تضمین ایمنی، قابلیت اطمینان و سودآوری عملیات است. با توجه به پیچیدگی فزاینده تجهیزات، سختی شرایط عملیاتی و اهمیت حفاظت از محیط زیست، استفاده از ابزارهای پیشرفته مدیریت ریسک ضروری به نظر می‌رسد. توسعه نرم‌افزارهای تخصصی برای این منظور می‌تواند قابلیت‌های قدرتمندی در زمینه یکپارچگی داده‌ها، تحلیل‌های پیشرفته، پشتیبانی تصمیم‌گیری و کاهش هزینه‌ها ارائه دهد.

مزایای توسعه چنین نرم‌افزارهایی فراتر از صرفه‌جویی‌های اقتصادی کوتاه‌مدت است و شامل بهبود فرهنگ ایمنی، افزایش قابلیت رقابت، کاهش ریسک‌های زیست محیطی و ارتقای شهرت سازمان می‌شود. با این حال، پیاده‌سازی موفق این سیستم‌ها نیازمند برنامه‌ریزی دقیق، سرمایه‌گذاری کافی، آموزش کارکنان و تعهد مدیریت ارشد است. همچنین، توجه به جنبه‌های امنیت سایبری، یکپارچگی با سیستم‌های موجود و انطباق با استانداردهای بین‌المللی از عوامل کلیدی موفقیت هستند.

با پیشرفت فناوری‌های نوظهور نظیر هوش مصنوعی، اینترنت اشیا و واقعیت مجازی، آینده مدیریت ریسک در این صنعت بسیار امیدوارکننده است. سازمان‌هایی که در حال حاضر در این زمینه سرمایه‌گذاری کنند، می‌توانند مزیت رقابتی قابل توجهی نسبت به رقبای خود کسب کنند و در عین حال به تحقق اهداف توسعه پایدار و حفاظت از محیط زیست کمک کنند. بنابراین، توسعه و پیاده‌سازی نرم‌افزارهای مدیریت ریسک برای تجهیزات زیرسطحی سکوهای فراساحلی نه تنها یک ضرورت فنی بلکه یک فرصت استراتژیک برای ایجاد ارزش درازمدت محسوب می‌شود.

شرکت کیان انرژی نوژان نرم افزاری آنلاین جهت محاسبات ریسک زیرسطحی سازه‌های فراساحلی تهیه و تنظیم کرده است. بر اساس محاسبات این نرم افزار می‌توان محاسبه ریسک در عمق های مختلف سازه، تعیین برنامه بازرسی از جمله زمان بازرسی و سطوح بازرسی در آینده، پیش بینی میزان خوردگی آندهای فداشونده بر اساس خروجی های شبیه سازی و تعیین برنامه مشخص جهت کاهش ریسک(Risk mitigation) را انجام داد.



زیست بوم فناوری





انجمن شرکت های دانش بنیان و فناوری استان اصفهان

Isfahan Technology Companies Association (ITCA)



 isfahantech_ir

 isfttech.ir

 09134046840

 031-33932133

www.isfttech.ir



Isfahan, Industrial University Blvd: Isfahan Scientific And Research Town, 12th Street, Faratahghigh Building
اصفهان، بلوار دانشگاه صنعتی اصفهان، شهرک علمی و تحقیقاتی، خیابان دوازدهم، ساختمان فراتحقیق، طبقه اول